

Partial Translation of JP 1999-307094

Publication Date: November 5, 1999

Application No.: 1998-109746

Filing Date: April 20, 1998

Applicant: CHUO DENKI KOGYO CO LTD

Inventor: Takahiro MIYASHITA

Inventor: Hajime KITAMURA

Inventor: Koji YAMATO

Inventor: Satoshi OTA

[0033]

(2) On the other hand, the heat generation suppressing effect of Mn composition is remarkably large in  $\text{LiNiO}_2$  bone composite of the present invention, in Mn quantity  $b \geq 0.02$ , calorific value ratio is suppressed in as low as the target index of 30% or less, and calorific value approaches zero as the amount of composition increases to 0.45.

[0034]

It is thought that this fact results from the layer structure and bone stabilizing function derived from small ion radius and strong oxygen-affinity of  $\text{Mn}^{3+}$  compared with bone  $\text{Ni}^{3+}$ . Additionally, calorific value ratio herein expresses a ratio of calorific value relative to 100 of calorific value of  $\text{Li}_{x}\text{NiO}_2$ ,  $0.2 \leq x \leq 0.3$ , in a range of 175 to 300°C.

[0037]

(2) On the other hand, although exothermic peak shifts somewhat to higher temperatures by Co composition in  $\text{LiNiO}_2$  bone composite of the

present invention, the heat generation suppressing effect is relatively small, exhibiting an almost constant value to the amount of Co composition. It stems from the fact that  $\text{Co}^{3+}$  ion is smaller than  $\text{Ni}^{3+}$  to form solid solution easily, and also oxygen-affinity is  $\text{Mn}^{3+}>\text{Co}^{3+}>\text{Ni}^{3+}$ .

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-307094  
(43)Date of publication of application : 05.11.1999

(51)Int.Cl. H01M 4/58  
H01M 4/02  
H01M 10/40

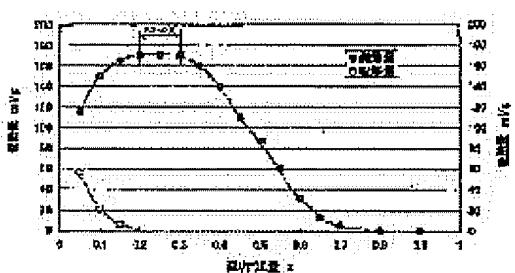
(21)Application number : 10-109746 (71)Applicant : CHUO DENKI KOGYO CO LTD  
(22)Date of filing : 20.04.1998 (72)Inventor : MIYASHITA TAKAHIRO  
KITAMURA HAJIME  
YAMATO KOJI  
OTA SATOSHI

## (54) LITHIUM SECONDARY BATTERY POSITIVE ELECTRODE ACTIVE MATERIAL AND LITHIUM SECONDARY BATTERY

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a positive electrode active material for a lithium secondary battery, high in capacity, long in life, low in price, and excellent in heat stability at the time of delithiuming.

**SOLUTION:** A positive electrode active material for a lithium secondary battery is used having a composition expressed by  $\text{Li}_{1-a} \text{Ni}_{1-b-c-d} \text{Mnb} \text{CoC}\text{MdO}_2$  (M: an additional minor element), where  $-0.15 \leq a \leq 0.10$ ,  $0.02 \leq b \leq 0.45$ ,  $0 \leq c \leq 0.50$ , and  $0 \leq d \leq 0.20$ , and having a calorific value ( $y$ ) of  $0 \leq y \leq 30\%$  relative to  $\text{Li}_{x} \text{NiO}_2$  at heating temperatures ranging from 175 to 300° C when the quantity ( $x$ ) of lithium remaining after extraction is assumed to be  $0.20 \leq x \leq 0.30$ . In the formula, M is one or more kinds of elements selected from among the group Ia excluding hydrogen and lithium, group IIa, group IIb, group IIIb, and group IVb in the periodic table of elements, and a group comprising transition elements excluding Ni, Co, and Mn.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.10.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

**decision of rejection]**

**[Date of extinction of right]**

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Li<sub>1-a</sub> nickel<sub>1-b-c-d</sub> Mn<sub>b</sub> Co<sub>c</sub> M<sub>d</sub> O<sub>2</sub> (M: additional trace elements) It sets. — It has the presentation of  $0.15 \leq a \leq 0.10$ ,  $0.02 \leq b \leq 0.45$ ,  $0 \leq c \leq 0.50$ , and  $0 \leq d \leq 0.20$ . Positive active material for lithium secondary batteries with which calorific value y in the range 175 – 300 \*\* is characterized by being  $0 \leq y \leq 30\%$  to Li<sub>x</sub> NiO<sub>2</sub> whenever [ stoving temperature ] when the amount x of \*\* lithiums after drawing out is set to  $0.20 \leq x \leq 0.30$ .

[Claim 2] M in a general formula — the [ other than hydrogen and a lithium element / element periodic-table ] — Ia the [ a group and ] — IIa the [ a group and ] — IIb the [ a group and ] — the [ an IIIb group and ] — IVb Positive active material according to claim 1 characterized by being one sort or two sorts or more of elements chosen from the group which consists of transition elements other than a group and nickel and Co, and Mn.

[Claim 3] The lithium secondary battery using the positive active material for nonaqueous electrolyte according to claim 1 or 2.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the positive active material for lithium secondary batteries and a lithium secondary battery excellent in the thermal stability used as a power source of portable electronic equipment, an electric vehicle, etc.

#### [0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, small lightweight-ization of the power source for a drive progresses to a portable electronic device list quickly with commercial-scene expansion of the personal computer field etc., and further small, light weight, and densification have come to be called for. The move towards utilization of the electric vehicle which does not remain in development of the conventional small cell, but, on the other hand, needs a large-scale power source is also active.

These are being interlocked with the improvement of the earth environment centering on reduction of harmful exhaust gas, and, especially in addition to small, a light weight, and densification, importance is attached to safety as a power-source function.

[0003] In addition to water-solution systems, such as a nickel-cadmium battery and a nickel hydride battery, as a power source of current, a portable electronic device, etc., many lithium ion batteries of a non-drainage system are used. However, the cell of these water-solutions system cannot be said to be a cycle property and the thing which can fully be satisfied in respect of cell weight or energy density although excelled in price. On the other hand, although need expanded the lithium ion battery of a non-drainage system quickly in recent years, since expensive cobalt is used for a principal component, compared with a water-solution system, it is expensive in price, and many room of an improvement is left behind at the point of volume energy density and safety.

[0004] On the other hand, although it is especially a development prototype phase still more and many nickel hydride batteries are selected from a viewpoint of safety as a large-sized cell for electric vehicles, it cannot be said to be what can be satisfied in respect of cell weight or energy density like a small cell.

[0005] Moreover, although loading of a lithium ion battery is also considered as an object for electric vehicles, the biggest technical problems are safety and a price. Especially each the cobalt system ( $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$ ) by which current examination is carried out, a nickel system ( $\text{Li}_{1-x}\text{NiO}_2$ ), and manganese system ( $\text{Li}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_4$ ) positive active material have the thermally unstable crystal structure by the delithium at the time of charge. Namely, overcharge ( $\text{deLi} \geq 0.6$ ). If the cell carried out is heated to  $200 - 270 ^\circ\text{C}$ , the oxygen release reaction following a rapid structural change and rapid it will advance (J. R.Dahn et al., Solid State Ionics, 69,265 (1994)). The exoergic behavior changes with ingredient systems, for example, it moves from exoergic initiation temperature to a low-temperature region in order of a nickel system < cobalt system < manganese system.

[0006] Thus, although many cobalt system positive-electrode material on a small cell is used, as a large-sized cell for electric vehicles, application is difficult in the lithium ion battery which attracts attention, in respect of a price and a resource.

[0007] moreover — although nickel system positive-electrode material is high capacity — a cycle life — and it is thermally the most unstable and it is said from the point of safety that application is difficult. They are attempts, such as an elevated-temperature side shift with slight exoergic initiation temperature, and broadcloth-izing of an exothermic peak, by permuting some nickel by other elements, in order to improve this etc. (for example, T.Ohzuku et al., J.Electrochem.Soc., 142 and

4033 (1995), JP,9-237631,A) Although made mostly, the result satisfied still more is not obtained. About a manganese system positive-electrode ingredient, although promising \*\* is carried out in price, a capacity list has many problems in respect of a cycle property.

[0008] As mentioned above, a nickel system has a problem from a viewpoint of a cycle life and thermal stability, although high capacity is most expected in these three systems. However, this problem is set on a small noncommercial use cell with comparatively little amount of as [ used ] positive active material, as the presentation system which permuted some nickel from cobalt or manganese since it was cheap compared with the cobalt system — nickel-cobalt multicomputer system (For example, JP,9-259884,A) Nickel-manganese multicomputer system (For example, JP,6-203829,A, JP,6-96768,A) Cobalt-manganese system (for example, JP,3-201368,A, JP,4-28162,A) etc. — it sees and the dry type composition technique is examined as the process.

[0009] in addition — as the wet compound-ized technique from a raw material composition phase — nickel-cobalt multicomputer system (for example, JP,9-270257,A, JP,8-236117,A) Nickel-manganese multicomputer system (for example, JP,8-171910,A) Nickel-cobalt-manganese multicomputer system (for example, JP,9-222220,A, JP,9-251854,A) etc. — it is proposed.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] nickel system ( $\text{LiNiO}_2$ ) Cobalt system ( $\text{LiCoO}_2$ ) although it compares and a high energy consistency is expected by the low price — some aforementioned nickel elements — cobalt — and — or it was thought that the extensive improvement of the thermal stability at the time of a charging lithium removal could not expect the attempt of the formation of presentation compound permuted from manganese mainly with an eye on a cycle life and a capacity improvement.

[0011] Therefore, in order to solve such a problem, permuting examination of a raw material process and some nickel elements with the aluminum which is elements other than manganese and cobalt etc. is proposed.

[0012] as examination of a raw material process — collection p.101 of the 38th cell debate lecture summaries \*\*\*\* — It is ammonia/(nickel + cobalt) to nickel nitrate and a cobalt nitrate mixed water solution. Aqueous ammonia is added so that a ratio may be set to 3. It stirs at 80 degrees C for 3 hours, and is pH=6.5 -7.5. One mol [/l.]—sodium-hydroxide liquid is dropped so that it may maintain. Compound hydroxide which boiled, filtered [ removed ammonia, rinsed and ] and dried and was obtained nickel0.85Co0.15 (OH) 2 and a lithium hydroxide are calcinated for 20 minutes in the oxygen of mixing and 750 \*\*. Thus, by enlarging particle size of  $\text{LiNi0.85Co 0.15O}_2$  obtained with 2 micrometers or more, it is DTA after a charging lithium removal (Differential Thermal Analysis: differential thermal analysis). It is indicated that an exothermic peak shifts to about 7-degree-C elevated-temperature side compared with a particle 1 micrometer or less.

[0013] Moreover, in JP,9-237631,A, it sets to  $\text{LiNi1-x-y-z Cox Mny Alz O}_2$ , and is  $0.15 \leq x \leq 0.25$ ,  $0 < z \leq 0.15$ , or  $0 < y \leq 0.3$  at the time of  $y = 0$ . At the time  $0 \leq x \leq 0.25$ ,  $0 < z \leq 0.15$ , and  $x+y \leq 0.4$  It faces manufacturing the positive active material for lithium secondary batteries characterized by carrying out. beta-nickel  $1-x-y$   $\text{Cox Mny}$  which carried out coprecipitation composition 2 beta-nickel  $1-x-y$   $\text{Cox Mny OOH}$  ( $0 \leq x \leq 0.25$ ,  $0 \leq y \leq 0.3$ ),  $\text{LiOH}$ , and  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  and  $\text{LiNO}_3$  etc. — with the source of Li [ or ] aluminum (OH)3 and aluminum 2O3 etc. — mixed baking of the aluminium compound was carried out, and the Li-nickel-Co-Mn-aluminum multiple oxide has been obtained.

[0014] This invention has proposed the improvement effect of the thermal stability by inactive point installation into the crystal lattice by the control and aluminum addition of gap between the crystal layers of the positive active material at the time of the delithium by addition of cobalt and manganese. As effectiveness of the exoergic control at the time of the delithium by the addition compound existence of aluminum, it is DSC (Differential Scanning Calorimetry: differential scanning calorimeter). In data, drawing is indicated for an exothermic peak being broadcloth in a specification as the proof.

[0015] However, although it is admitted in data that the sharp peak by compound-izing of aluminum becomes broadcloth, it is hard to admit being improved on equivalent level as gross calorific value. It is the trigger of ignition by surely a sharp exothermic peak becoming broadcloth a little. (trigger) Some-like danger is insufficient for control of the exothermic peak behavior for which a cell is asked, and gross calorific value, although improved.

[0016] As other examples, using the multiple oxide of transition metals, such as nickel and cobalt, and non-transition metals, such as aluminum, as positive active material of a lithium secondary battery is

shown in JP,4-22066,A or JP,9-232002,A. However, only by convention of the transition-metals whole quantity, the relation of elements is not specified and important technical-problem recognition that the quantitative relation between the amount of transition metals and an addition permutation element influences thermal stability, the safety relevant to it, and a cycle life also in invention [ which ] is not made.

[0017] This invention is made in order to solve such a technical problem, and it aims at offering the positive active material for lithium secondary batteries and the lithium secondary battery which were moreover extremely excellent in high capacity, long lasting, and a low price at the thermal stability at the time of a delithium.

[0018] This invention aims at offering the positive active material for lithium secondary batteries and the lithium secondary battery which were excellent in capacity, a life, and thermal stability as a large-sized cell for a drive of an electric vehicle etc. from still more nearly another field.

[0019]

[Means for Solving the Problem] In order to attain this purpose, as a result of this invention persons' inquiring wholeheartedly, a header and this invention completed for the epoch-making positive active material for lithium secondary batteries and an epoch-making lithium secondary battery excellent in capacity, a life, and thermal stability being obtain by combining skillfully the technique of carrying out mixed baking with the new manufacture technique which includes the phase where of only the specified quantity carries out homogeneity mixing composition of two or more elements, from the nickel manganese cobalt system raw material composition phase which carried out specified quantity combination, and lithium salt.

[0020] Moreover, electrochemical technique and the acid-treatment method using disproportionation are learned by the delithium, and, as for the former, the latter can determine the amount of delithiums by the chemical analysis from charge capacity, respectively. Since in the case of a nickel system ingredient calorific value changes with the amounts of delithiums a lot even when especially an exothermic peak location is eternal, Empirical formula:Li<sub>1-a</sub>nickel<sub>1-b-c-d</sub>Mn<sub>b</sub>CocMdO<sub>2</sub> (M: additional trace elements) prepared as mentioned above although it was meaningless when the amount of delithiums was fixed and calorific value was not measured It sets. — In the case of 0.15≤a≤0.10, 0.02≤b≤0.45, 0≤c≤0.50, and the nickel-manganese system ingredient that has the presentation of 0≤d≤0.20 It becomes clear by research of this invention persons that the amount x of \*\* lithiums shows the calorific value of about 1 law in 0.20≤x≤0.30, and, moreover, the calorific value is the heating range of 175 – 300 \*\*. As compared with the calorific value of Lix NiO<sub>2</sub>, it got to know that it was 30% or less, and resulted in this invention.

[0021] This invention is Li<sub>1-a</sub>nickel<sub>1-b-c-d</sub>MnbCocMdO<sub>2</sub> (M: additional trace elements) here. It sets. — It has the presentation of 0.15≤a≤0.10, 0.02≤b≤0.45, 0≤c≤0.50, and 0≤d≤0.20. The amount x of \*\* lithiums is the positive active material for lithium secondary batteries with which calorific value y in the heating range is characterized by being 0≤y≤30% to the calorific value of Lix NiO<sub>2</sub> at 175 – 300 \*\* in the range of 0.20≤x≤0.30.

[0022] the suitable voice of this invention — if it depends like — M in the above-mentioned general formula — the [ of element periodic tables other than hydrogen and a lithium element ] — Ia the [ a group and ] — IIa the [ a group and ] — IIb the [ a group and ] — the [ an IIIb group and ] — IVb They are one sort or two sorts or more of elements chosen from the group which consists of transition elements other than a group and nickel and Co, and Mn. Furthermore, from another field, this invention is the lithium secondary battery which used said positive active material.

[0023]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, although the gestalt of operation of this invention is explained to a detail, this invention is not limited at all by the gestalt of the following operation, in the range which does not change the summary, can be changed suitably and can be carried out.

[0024] First, the reason which limited the presentation as mentioned above in this invention is explained. the delithium according to charge to the positive active material in which drawing 1 had empirical formula:Li<sub>1-a</sub>nickel<sub>1-b-c-d</sub>MnbCocMdO<sub>2</sub> — carrying out — empirical formula:Li x nickel<sub>1-b-c-d</sub>MnbCo c Md O<sub>2</sub> \*\* — it is the graph which shows the relation between the amount x of \*\* lithiums when carrying out, and generation of heat/the amount of endoergic.

[0025] drawing 1 also shows — as — (i) The amount x= 0.2–0.3 of \*\* lithiums the range — calorific value (structural change) constant value — being shown — the amount x> 0.3 of (ii) remaining lithiums \*\*\*\* — calorific value — small — appearing — (object partial smallness of a structural

change) \*\* (iii) on the other hand — the amount  $x < 0.2$  of \*\* lithiums \*\*\*\* — NiO accompanied by oxygen emission Since it is accompanied by the decomposition endoergic, calorific value becomes small seemingly. (carrying out calorific value—endoergic difference of quantity length balance sake). [0026] In addition, generally as a unit of chemistry calorific value, it is cal/g. It is used and to be shown in Drawing 2 mentioned later is easily asked from the exothermic peak area in DTA in this invention. For example, although the calorific value of a nickel acid lithium (LiNiO<sub>2</sub>) changes a little with processes etc., it is 170 – 200 cal/g.

[0027] Drawing 2 is a graph by which takes a along an axis of abscissa and the relation between the amount of lithiums in empirical formula:Li1—a nickel1—b—c—d Mn<sub>b</sub> Co<sub>c</sub> Md O<sub>2</sub> (1—a) and discharge capacity is shown on it. Drawing 2 shows the following point.

[0028] (1) Oxide independent phases other than Li according to the lack of Li less than [ Li<0.90 ] when the amount a of lithiums in an empirical formula becomes larger than 0.10 (they are inhibition, and a reaction and Li migration diffused—resistor size about charge and discharge) Discharge capacity becomes small by formation. (<=150 mAh/g) .

[0029] Here, it is 150 mAh/g. Geometric capacity 274 mAh/g of LiCoO<sub>2</sub> It receives. It is a capacity equivalent to Li 1.0–0.45 obtained on count by the charge and discharge to 4.2V, and is an index for the utilization in this invention. However, although it is usable if it changes with charge—and—discharge conditions and the application of a space tooth space etc. is chosen under as 150 mAh/g, it sets to this invention, and this discharge capacity is 150 mAh/g from a viewpoint of output energy density (Wh/kg, Wh/l). The above is desirable.

[0030] (2) If a is smaller than −0.15 (i.e., if Li>1.15 are exceeded), a cell reaction will be checked by the deposit of Li oxide phase by superfluous Li, and discharge capacity will become small. (<=150 mAh/g) .

[0031] Drawing 3 is set to empirical formula:Li1—a nickel1—b—c—d Mn<sub>b</sub> Co<sub>c</sub> Md O<sub>2</sub>. a=−0.05, 0.02≤b≤0.45, c= 0.20, and d= 0 Example of presentation:Li1.05nickel(0.08–0.20) Mn(0–0.60) Co 0.20O<sub>2</sub> when it carries out that is, It is the graph which can be set and which shows the relation between Mn presentation mole ratio, and discharge capacity and a calorific value ratio.

[0032] Drawing 3 shows the following point.

(1) If the amount b of Mn in an empirical formula becomes larger than 0.45, the amount of generation of spinel system LiNi0.5Mn 1.5O<sub>4</sub> which does not contribute to charge and discharge in 4V field will increase quickly, and discharge capacity will fall.

[0033] (2) On the other hand, the effectiveness exerted on exoergic control Mn compound [ in the LiNiO<sub>2</sub> frame composite of this invention ] is very large, a calorific value ratio is controlled in the amount b>0.02 of Mn to 30% or less which is a target index, and calorific value approaches zero as −0.45 and the amount of compounds increase.

[0034] This is considered to be based on the layer structure and the frame stabilization effect by small Mn<sup>3+</sup>with oxygen affinity strong moreover+ of an ionic radius compared with frame nickel<sup>3+</sup>. In addition, a calorific value ratio is set on these specifications here, and it is LixNiO<sub>2</sub> x=0.2 –0.3. It is the calorific value in the range of 175 – 300 \*\* 100 The calorific value ratio when carrying out is expressed.

[0035] Drawing 4 is set to empirical formula:Li1—a nickel1—b—c—d Mn<sub>b</sub> Co<sub>c</sub> Md O<sub>2</sub>. a=−0.05, b= 0.30, 0<=c≤0.50, and d= 0 Example:Liof presentation1.05nickel(0.72–0.20) Mn0.30Co(0–0.60) O<sub>2</sub> when it carries out that is, It is the graph which shows the relation between Co presentation mole ratio which can be set, and discharge capacity and a calorific value ratio.

[0036] Drawing 4 shows the following point.

(1) If the amount c of Co(es) in an empirical formula becomes larger than 0.50, the independent phase of LiCoO<sub>2</sub> will deposit and the capacity by nickel skeletal structure will fall. Moreover, since Co is an expensive ingredient poor in a resource and, it is not desirable that Co loadings increase.

[0037] (2) On the other hand, although an exothermic peak shifts to an elevated—temperature side a little by Co compound in the LiNiO<sub>2</sub> frame composite of this invention, the effectiveness of exoergic control is comparatively small and shows an almost fixed value to the amount of Co compounds. Co<sup>3+</sup> ion tends to dissolve from it being small compared with nickel<sup>3+</sup> ion, and this originates also in an oxygen affinity being Mn<sup>3+</sup>>Co<sup>3+</sup>>nickel<sup>3+</sup>.

[0038] Drawing 5 is set to empirical formula:Li1—a nickel1—b—c—d Mn<sub>b</sub> Co<sub>c</sub> Md O<sub>2</sub>. When referred to as a=−0.05, b= 0.20, c= 0.1, and 0<=d≤0.20, That is, example:Liof presentation1.05nickel(0.70–0.20) Mn0.20Co0.1M(0–0.30) O<sub>2</sub> It is the graph which shows the relation between the M=aluminum

presentation mole ratio which can be set, and discharge capacity and a calorific value ratio.

[0039] Drawing 5 shows the following point.

(1) Deposit of the byproduct phase which will not contribute to charge and discharge if the amount d of M=aluminum in an empirical formula becomes larger than 0.20 (aluminum $\rightarrow$ aluminum 2O3, LiAlO2 grade) Discharge capacity falls. ( $<=150$  mAh/g).

[0040] (2) Although the effectiveness by Mn compound is larger, as a depressor effect element in low Mn loadings, it is very effective, and calorific value control is little compound. ( $d<=0.2$ ) Calorific value improves further.

[0041] Lix NiO2 used for the comparison of calorific value in this invention For example, lithium hydroxide of a commercial reagent (LiOH, H2O) Nickel hydroxide (nickel2 (OH)) Li/nickel ratio = What mixed by 1.01 and was cast to 20mmphi is put in all over a tube furnace. After carrying out oxygen aeration by 150 \*\* for 4 to 6 hours, in the time of 150 \*\*/to bottom of oxygen ambient atmosphere 600 \*\* A temperature up, It is grinding classification about the ingredient which cooled in 50 degrees C/o'clock to 750 \*\*, and was cooled in the time of 100 – 200 \*\*/to maintenance and a room temperature after the temperature up to the pan for 24 hours. (250 below mesh) LiNiO2 which obtained by carrying out The amount x of \*\* lithiums, To  $0.20<=x<=0.30$ , a delithium can be carried out, it can obtain, and this can be used with sufficient repeatability.

[0042] Although the precision heat-capacity measuring method by the heat insulation mold heating value is used besides DTA and DSC as general heat behavior and the amount measurement technique of heat of reaction, strengths and weaknesses are in each. It is not necessarily DSC (Differential Scanning Calorimetry: differential scanning calorimeter) from relative evaluation with comparison material being important as the technique of confirming the effectiveness of this invention. It is not necessary to use and is usual thermal-analysis equipment. (TG-DTA : Thermogravimetry-Differential ThermalAnalysis, thermo gravity and differential thermal analysis) It is enough.

[0043] Drawing 8 is an overseas cell society (an IBA cell technical examination meeting, 1997 Taiwan). Charge by reported DTA (charged) LiNiO2 and LiCoO2 behind a delithium, and LiMn 2O4 It is exoergic behavior and LiNiO2 shows sharp big generation of heat compared with other ingredients.

[0044] What should be mentioned specially in this invention is prescribing in the predetermined range that the addition carries out mixed crystallization to homogeneity on atomic level from a raw material phase with a nickel manganese cobalt element, when adding additional trace elements M.

[0045] Although the settling which controlled pH used as basic techniques, such as waste water treatment, to the alkali side as the technique of compound-izing from a raw material phase is known well, since the precipitate generation pH according to element differs greatly, a final sedimentation object will be in the physical mixed state of each element hydroxide, and element equalization on atomic level is difficult. It is high alkali like especially aluminum. ( $pH>=10.0$  neighborhood) The compound from the raw material phase of the element which dissolves as complex ion by the side is difficult, for example, after compounding a nickel-Mn-Co compound hydroxide as indicated by JP,9-237631,A, the technique of carrying out mixed baking of an aluminum oxide or the aluminum hydroxide with the source of a lithium as another raw material, and obtaining a multiple oxide is adopted.

[0046] The synthesis method found out as a result of wholeheartedly examination of this invention persons in order to solve these problems is predetermined temperature and pH conditions about the ammonium bicarbonate salt water solution which carried out minute amount addition of the sulfate water solution and ammonia of various elements. (neutral region) It is the approach of adding coincidence or by turns and making crystal growth almost uniform in the shape of a concentric circle ball performing. Compound-ization in the raw material phase of various kinds of elements made difficult so far by this approach can be made to perform easily.

[0047] Precise indeterminate form composite is obtained by setting pH to an alkali side in this synthesis method, and on the other hand, adding alkali, such as a lithium hydroxide, instead of ammonium bicarbonate. Even if it carried out mixed baking with the source of a lithium like the previous synthesis method and carried out the delithium of this, it found out that the same effectiveness was acquired. In this case, it is thought that the compound raw material presentation acquired forms the double salt of a compound presentation like for example,  $2\text{NiCO(s)}_3$  and  $3\text{nickel(OH)}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  instead of the so-called pure carbonate.

[0048] Therefore, pH field is made high like the latter, what raised the hydroxide generation ratio of double salt is set to this invention, and it is a hydroxide method (omitting water method). It is a

carbonate method (omitting charcoal method) about the process which called and made the former carbonate the subject. It distinguishes.

[0049] In a charcoal method, it is thought that crystal growth is a fixed form-like, it is the description in a water method that it is an indeterminate form, and it is the main factor of the effectiveness manifestation to which all require stabilization of the structure by homogeneity mixing in a raw material phase for this invention.

[0050] There is an approach to indicate JP,1-294364,A in addition to the above-mentioned settling in the conventional technique about this point. In this official report  $\text{Li}_x(\text{Co}_{1-y}\text{Ni}_y)_{2-x}$ ,  $x=0-1$ , and  $y=0.5-0.9$  They are nickel and a cobalt salt ghost ( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) as an approach of obtaining the composite of a presentation. Carbon dioxide gas is saturated in a water solution. The approach of adding a sodium bicarbonate water solution and making carry out neglect coprecipitation, and carrying out mixed baking with desiccation and a lithium carbonate by 140 in argon gas \*\*, after rinsing obtained sediment is indicated. This invention makes nickel dissolve to  $\text{LiCoO}_2$ , and lowers open circuit voltage, it is for obtaining a big charge-and-discharge capacity in the low electrical potential difference not more than 4V, and the crystallization process completely differs from this invention in the raw material - process pan with that purpose and technical-problem recognition.

[0051] this invention persons tried the various formation of element compound, and characterization using the aforementioned new compound-ized process. Consequently,  $\text{Li}_{1-a}\text{nickel}_{1-b-c-d}\text{Mnb Coc Md O}_2$  (M: additional trace elements) In a presentation It is  $0.15 \leq a \leq 0.10$ ,  $0.02 \leq b \leq 0.45$ ,  $0 \leq c \leq 0.50$ , and  $0 \leq d \leq 0.20$ . – Preferably M — the [ of element periodic tables other than hydrogen and a lithium element ] — Ia the [ a group and ] — IIa a group — the — IIb the [ a group and ] — the [ an IIIb group and ] — IVb By specifying it as at least one sort chosen from the group which consists of a group and the transition element except nickel, Mn, and Co It found out that the calorific value y in 175 when considering as the amount  $0.20 \leq x \leq 0.30$  of \*\* lithiums – the 300 \*\* heating range became  $0 \leq y \leq 30\%$  to  $\text{Li}_x\text{NiO}_2$ . If it puts in another way, such a heat generation characteristic and stable structure are equivalent.

[0052] Although the effectiveness manifestation mechanism of this invention is not clear, as already explained, I think that it became mixing of the atomic level in a raw material phase, and a precise crystal growth process and structure stabilization have contributed to the thermal stability improvement greatly. Therefore, in manufacturing the positive active material concerning this invention, it will not be restricted especially if it is the process with which can be satisfied of the manifestation mechanism of this invention effectiveness.

[0053] The lithium secondary battery concerning this invention is  $\text{Li}_{1-a-x}\text{nickel}_{1-b-c-d}\text{Mnb Coc Md O}_2$  (however, it consists of the negative electrodes and nonaqueous electrolyte which consist of the positive electrode, lithium metal, or carbon material which consists of positive active material which made the subject  $-0.15 \leq a \leq 0.10$ ,  $0.02 \leq b \leq 0.45$ ,  $0 \leq c \leq 0.50$ , and the constituent that is  $0 \leq d \leq 0.20$ .).

[0054] the suitable voice of this invention — if it depends like — M — except hydrogen and a lithium element — it is — the [ of an element periodic table ] — Ia the [ a group and ] — IIa the [ a group and ] — IIb the [ a group and ] — the [ an IIIb group and ] — IVb They are one sort or two sorts or more of elements chosen from the group which consists of the transition element except a group and nickel, manganese, and cobalt. It will be as follows if these elements are illustrated.

[0055] the — Ia Group: the [ Na, K, Rb, Cs, and Fr ] — IIa Group: It Be(s), the [ Mg, calcium, Sr, Ba, and Ra ] — IIb Group: Zn, Cd, and Hg — the [ Cf ] — IIIb group: the [ B, aluminum, Ga, In, and Tl ] — IVb Group: C, Si, and germanium, Sn and Pb — the negative electrode used in addition in the lithium secondary battery concerning this invention, although the lithium metal is used in the example As such a negative-electrode active material, as long as a dope and a dedope of a lithium are possible, you may be any. pyrolytic carbon and corks (pitch coke and needle coke —) petroleum coke, etc. graphite, glassy carbon, and organic high-molecular-compound baking object (phenol resin —) carbonaceous ingredients, such as what calcinated and carbonized furan resin etc. at suitable temperature, a carbon fiber, and activated carbon, or a metal lithium, and lithium alloy (for example, lithium-aluminum) others — polymers, such as polyacetylene and polypyrrole, are illustrated.

[0056] the electrolytic solution — lithium salt — an electrolyte — carrying out — this — 0.5-1.5 mol/liter — a liter — the nonaqueous electrolyte dissolved in the organic solvent by concentration is used. Especially as an organic solvent, although not limited, there are independent or the mixed

solvents which were mixed two or more sorts, such as propylene carbonate, ethylene carbonate, a carbonic acid butylene, gamma-butyrolactone, dimethyl carbonate, ethyl carbonate methyl, an acetic-ester compound, a propionic-acid ester compound, a JI acetic-ester compound, dimethoxyethane, diethoxy ethane, dimethoxypropane, a diethoxy propane, a tetrahydrofuran, and dioxolane, here, for example.

[0057] As an electrolyte, there are 4 lithium perchlorate, trifluoro methansulfonic acid lithium, and lithium borate fluoride, a 6 fluoride [ phosphoric acid ] lithium, a 6 fluoride arsenic acid lithium, etc.

[0058] Especially the configuration of the nonaqueous lithium secondary battery concerning this invention is not limited, and can be applied to any cells, such as a coin mold cell, a cylindrical whorl type cell, a plate-like square shape cell, and an inside-out mold cylindrical cell. Moreover, in this invention, although the small cell is mentioned, it is suitable for a large-sized cell especially from a viewpoint of the safety by exoergic control.

[0059]

[Example] They are 26.9kg of nickel sulfates, 5.0kg of manganese sulfates, and 6.6kg of cobalt sulfate so that the mole ratio of manufacture \*\*\* nickel-Mn-Co of [example 1] raw material composite material may be set to 0.65-0.20-0.15. It dissolves in pure water and is 100. It considered as the liter. (A liquid) . On the other hand, 14.7kg of ammonium bicarbonates is dissolved in pure water, dissolution dilution of the 11.8l. of the dark aqueous ammonia is carried out further at pure water, and it is 100. It considered as the liter. (B liquid) .

[0060] Next, about 300 The heating temperature up of the 15l. reserve water was put in and carried out to the stirring reaction vessel of a liter, and the aforementioned A and B reaction mixture were added by turns into the reaction vessel over about 12 hours by several the l. flow rate for /with the metering pump. After addition termination of reaction mixture, stirring maintenance was carried out for about 1 hour, and the further crystal growth was urged. Then, after filtering and rinsing a reactant, it dried one whole day and night, and the 18.6kg compound carbonate was obtained.

[0061] Grinding mixing was carried out, 13.4kg of compound carbonates and 2.85kg of lithium hydroxides obtained with the manufacture above of a lithium multiple oxide were cast further, and it calcinated by 840 \*\* for 24 hours with the electric furnace which circulated oxygen gas. After cooling a baking object to a room temperature, grinding classification is carried out, and it is a product below predetermined grain size. (positive active material for lithium secondary batteries) About 10kg was obtained. In addition, the grinding classification was carried out in the desiccation ambient atmosphere.

[0062] The cell property and thermal stability of a lithium multiple oxide which were obtained were measured by the below-mentioned technique, and the obtained result was shown in Table 1.

[0063] Positive active material 100 which is cell production and a trial \*\*\*, and was made and obtained After adding the fluororesin powder 10 weight section to the weight section as the acetylene black 15 weight section and binding material as electric conduction material and mixing enough, it kneads by the organic solvent, and it is about 400 by the roll. It pierced by rolling and 150 \*\* to mum after desiccation and at a predetermined path, and the positive electrode was produced.

[0064] On the other hand, the metal lithium foil pierced in the predetermined dimension is rolled out in a current collection material mesh, it considers as a negative electrode, and they are ethylene carbonate (EC) and dimethyl carbonate (DMC). Mixed solution (volume ratio 1:2) 6 fluoride [ phosphoric acid ] lithium (LiPF6) What was dissolved by l. in one mol /was used as an electrolyte, and the rechargeable battery shown in drawing 6 was assembled.

[0065] It sets to drawing 6 here, and 1 is a positive electrode and the positive-electrode charge collector of the product [ 2 ] made from stainless steel, the positive electrode 1 and the charge collector 2 are unified, and spot welding of the charge collector 2 is carried out to the inside of three between positive electrodes. The negative electrode which was able to do 4 with the metal lithium, and further 7 are separators which consist of a polypropylene nonwoven fabric, and said electrolytic solution sinks into this. In addition, 8 is insulating packing. Moreover, cell dimensions are the diameter of 20.0mm, and depth 1.6 mm.

[0066] Like the above, using the produced cell, it sets to charge and discharge current 1 mA/cm<sup>2</sup>, respectively, and is a charge termination electrical potential difference. 4.2V, discharge final voltage Charge and discharge were repeated by 3.0V, and the charge-and-discharge property to 50 cycles was checked.

[0067] In addition, a result is the unit weight conversion discharge capacity (mAn/g) of an active

material [ in / in this / a first time cycle ] although only initial discharge capacity shows. It expressed. 150 or more mAh/g of discharge capacity was considered as success.

[0068] The cell of the heat-instability-test aforementioned configuration is used, and it is the current density of 2.1mA/cm. Constant-current charge to 4.2V is performed, and it continues. Charge by the constant current + constant voltage control which performs charge of a total of 15 hours by 4.2V constant voltage was performed, and the lithium was drawn out from positive active material. The amount of drawing of a lithium is geometric capacity [(1g active material / molecular weight) x(96500 coulomb/3600) x1000 mAh/g] calculated from the molecular weight of an active material. It asked from the number of lithium analysis mols of the ratio of the receiving charge capacity, or the active material after charge.

[0069] It dissolved all over the glove compartment which carried out humidity control of the cell after constant current + constant-potential charge to about 50 degrees C of dew-points, and the positive-electrode sheet was taken out, and it washed 3 times in the acetone solvent of 100 ml, and after removing the adhesion electrolytic solution, it put on the filter paper and dried. A positive electrode is removed from the mesh of the stainless steel which constitutes a charge collector after desiccation, and it is a container made from platinum for thermal-analysis measurement. (volume [ of 0.05ml ], and dimension 5phix2.5 mm) 40mg is filled up with positive-active-material conversion. Thermal-analysis measurement carried out measurement from a room temperature to 600 \*\* by part for programming-rate/of 5 degrees C using the TAS200 actuation form differential thermobalance made from physical science. In addition, measurement is faced and it is thermogravimetric analysis to differential thermal analysis (DTA:Differential Thermal Analysis) and coincidence. (TG:Thermogaravimetry) It carried out.

[0070] Positive active material which drew out the lithium to the amounts 0.20–0.30 of \*\*\*\*\* lithiums of thermal stability data It compared with the exothermic peak area of the standard sample LiNiO<sub>2</sub> which carried out the tales-doses delithium of the exothermic peak area which appears between 175 \*\* and 300 \*\* of DTA data. The area at this time is drawing 7 (a). (b) Above the base line before and after generation of heat of drawing which carried out the expansion copy at the standard substance and the rate of said so that it might be shown (generation-of-heat side) The part was cut off, and it asked with the drawing upper integral method which measures the weight to 4 figures below decimal point, and compared with the exoergic data of a standard substance.

[0071] In addition, drawing 7 (a) Standard substance Li<sub>x</sub>NiO<sub>2</sub> NiO accompanied by [ are TG-DTA data of the amount x= 0.05 of \*\* lithiums which can be set, and ] the oxygen emission endoergic immediately after generation of heat Decomposition (weight reduction) It is shown. Drawing 7 (b) TG-DTA in the amount x= 0.25 of \*\* lithiums of this ingredient It is the example of data.

[0072] special grade chemical lithium-hydroxide dehydration article of Wako Pure Chem industrial ratio =1.01 conversion of preparation marketing of a thermal stability standard sample Co., Ltd. -- Nickel hydroxide reagent nickel(OH)<sub>2</sub> (nickel61.0%) 48.09 g and Li/nickel (after 16-hour dehydration at 120 degrees C) of 96.4% of purity for chemistry of make They are after mixing and a bessel grinding container for 10 minutes with a mortar about sealing storage 12.09 g. (the product made from SUS304, a bore 140 phimm depth of 49mm, space volume 340 ml) Oscillating bessel preferential grinding was put in and carried out for 3 minutes. They are after a whole-quantity \*\*\*\*\* 1-minute mixing crack and mixture to a mortar promptly after grinding. 7.0g is considered as a part for one pellet, and it is SUS of 20phimm. It put into make metal mold and 1t /of four pellets was made as an experiment by 2 cm.

[0073] It is SUS310S about four prototype pellets. It installs in the center of a make boat and is a tubular electric furnace. (60phix600 mm) It uses and is oxygen gas. (linear velocity >=1cm/second) It calcinated making it circulate. After having held in 50 degrees C/o'clock to the temperature up and the pan to 600 \*\* after carrying out an oxygen purge by 150 \*\* at first for 6 hours, and holding by the temperature up and 750 \*\* to 750 \*\* in the time of rate 150 \*\*/for 24 hours, the temperature was lowered in the time of 200 \*\*/to the room temperature, and the sample was kept in the desiccation desiccator.

[0074] The grinding classification of a baking sample is a mortar and a sieve mesh. (250 a mesh, 74-micrometer or less whole-quantity passage) It carried out and carried out all over the glove compartment which filled argon gas, and all samples were paid to the plastic container which intercepted moisture, and were kept in the desiccator. The thermal stability measurement after the delithium of the obtained standard substance LiNiO<sub>2</sub> is the aforementioned technique. (heat-instability-test method) It carried out.

[0075] They are 28.5kg of nickel sulfates, 5.3kg of manganese sulfates, and 7.0kg of cobalt sulfate so that the mole ratio of nickel-Mn-Co may be set to 0.65-0.20-0.15 like the [example 2] example 1. It dissolved in pure water and could be 100l. 12.5l. of dark aqueous ammonia was put into this, and it stirred, controlling temperature. Next, it added little by little and the lithium-hydroxide water solution and ammonium bicarbonate mixed solution of predetermined concentration were made to react for about 8 hours so that it may be set to pH>=8.0 -10.0. After filtering and rinsing the obtained solid, it dries one whole day and night, and it is a 14.9kg compound hydroxide (double salt is included). It obtained.

[0076] 10.4kg of compound hydroxides and sodium-hydroxide 2.85 kg which were obtained above Grinding mixing was carried out, and it cast further, and calcinated by 800 \*\* for 24 hours with the electric furnace which circulated oxygen gas. After cooling a baking object to a room temperature, grinding classification is carried out, and it is a product below predetermined grain size. (positive active material for lithium secondary batteries) About 10kg was obtained. In addition, the grinding classification was carried out in the desiccation ambient atmosphere.

[0077] The cell property and thermal stability of a lithium multiple oxide which were obtained are measured by the above-mentioned technique, and, similarly the obtained result is shown in Table 1.

[0078] The [example 3] example 1 and an example 2 are followed, and it is Li<sub>1-a</sub> nickel<sub>1-b-c-d</sub> Mn<sub>b</sub> Co<sub>c</sub> Md O<sub>2</sub> (M: additional trace elements). Various positive-electrode material with a presentation was created, and the same characteristic test was performed. A result is collectively shown in Table 2 thru/or 4.

[0079] In addition, that there is that it is with a "charcoal method" in the item of a "classification" in front Naka with a "water method" when a compound carbonate is manufactured according to an example 1 shows the case where a compound hydroxide is manufactured according to an example 2, respectively.

[0080]

[Table 1]

分類	組成モル比		Ni	Mo	Co	M	M種	特性値	判定	充熱量比			備考	
	L1	L1						容量		x量	%	判定		
	1-a	a	1-b-c-d	b	c	d								
	実施例 1	炭法	1.05	-0.05	0.65	0.20	0.15	0.00	なし	168	○	0.25	5	○
実施例 2	水法	1.05	-0.05	0.65	0.20	0.15	0.00	なし	100	○	0.25	6	○	未発明例

(注) ① 組成式: Li<sub>1-a</sub> Ni<sub>1-b-c-d</sub> Mn<sub>b</sub> Co<sub>c</sub> M<sub>d</sub> O<sub>2</sub>

② 炭法: 炭酸塩法 水法: 水酸化物法

[0081]

[Table 2]

No	分類	組成モル比		Ni 1-a	Mn a	Co 1-b-c-d	M b	M種 c	特性値 容量 mAh/g	発熱量比			備考	
		Li	Li							判定	X量	% 判定		
		Mn	Co											
1	炭法	0.850	-0.15	0.79	0.04	0.17	0	なし	120	△	0.25	45	△	
2	水法	0.875	0.13	0.79	0.04	0.17	0	なし	133	△	0.25	37	△	
3	炭法	0.900	0.10	0.79	0.04	0.17	0	なし	150	○	0.25	30	○	
4	水法	0.925	0.08	0.79	0.04	0.17	0	なし	164	○	0.25	28	○	
5	炭法	0.935	0.06	0.79	0.04	0.17	0	なし	170	○	0.25	26	○	
6	炭法	0.950	0.05	0.79	0.04	0.17	0	なし	178	○	0.25	23	○	
7	水法	0.975	0.03	0.79	0.04	0.17	0	なし	180	○	0.25	23	○	
8	炭法	1.000	0.00	0.79	0.04	0.17	0	なし	180	○	0.25	23	○	
9	炭法	1.025	-0.02	0.79	0.04	0.17	0	なし	178	○	0.25	23	○	
10	炭法	1.050	-0.05	0.79	0.04	0.17	0	なし	175	○	0.25	23	○	
11	水法	1.075	-0.08	0.79	0.04	0.17	0	なし	171	○	0.25	23	○	
12	炭法	1.100	-0.10	0.79	0.04	0.17	0	なし	185	○	0.25	25	○	
13	炭法	1.125	-0.13	0.79	0.04	0.17	0	なし	157	○	0.25	27	○	
14	水法	1.150	-0.15	0.79	0.04	0.17	0	なし	150	○	0.25	30	○	
15	水法	1.175	-0.18	0.79	0.04	0.17	0	なし	140	△	0.25	38	△	
16	炭法	1.200	-0.20	0.79	0.04	0.17	0	なし	131	△	0.25	43	△	
17	炭法	1.05	-0.05	0.80	0.00	0.20	0.00	なし	180	○	0.25	80	△	
18	炭法	1.05	-0.05	0.79	0.0083	0.20	0.00	なし	179	○	0.25	53	△	
19	水法	1.05	-0.05	0.79	0.0125	0.20	0.00	なし	178	○	0.25	34	△	
20	炭法	1.05	-0.05	0.78	0.0250	0.20	0.00	なし	177	○	0.25	24	○	
21	炭法	1.05	-0.05	0.75	0.0500	0.20	0.00	なし	176	○	0.25	18	○	
22	水法	1.05	-0.05	0.73	0.0750	0.20	0.00	なし	174	○	0.25	15	○	
23	炭法	1.05	-0.05	0.70	0.1000	0.20	0.00	なし	173	○	0.25	11	○	
24	炭法	1.05	-0.05	0.65	0.1500	0.20	0.00	なし	170	○	0.25	8	○	
25	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.2000	0.20	0.00	なし	167	○	0.25	5	○	

(注) ① 組成式 : Li<sub>1-x</sub>Ni<sub>x-y</sub>Mn<sub>y</sub>Co<sub>z</sub>M<sub>2-z</sub>O<sub>2</sub>  
 ② 炭法: 炭酸塩法、水法: 水酸化物法

## [0082]

[Table 3]

No	分類	組成モル比		Ni 1-a	Mn a	Co 1-b-c-d	M b	M種 c	特性値 容量 mAh/g	判定	発熱量比			備考	
		Li	Li								判定	X量	% 判定		
		Mn	Co												
26	水法	1.05	-0.05	0.50	0.3000	0.20	0.00	なし	161	○	0.25	2	○	本発明例	
27	炭法	1.05	-0.05	0.40	0.4000	0.20	0.00	なし	155	○	0.25	1	○	本発明例	
28	炭法	1.05	-0.05	0.35	0.4500	0.20	0.00	なし	150	○	0.25	0	○	本発明例	
29	水法	1.05	-0.05	0.33	0.4750	0.20	0.00	なし	120	△	0.25	0	○	比較例	
30	炭法	1.05	-0.05	0.30	0.5000	0.20	0.00	なし	80	×	0.25	0	○	比較例	
31	炭法	1.05	-0.05	0.20	0.6000	0.20	0.00	なし	30	×	0.25	0	○	比較例	
32	炭法	1.05	-0.05	0.70	0.30	0.00	0.00	なし	180	○	0.25	5	○	本発明例	
33	炭法	1.05	-0.05	0.68	0.30	0.03	0.00	なし	168	○	0.25	5	○	本発明例	
35	水法	1.05	-0.05	0.65	0.30	0.05	0.00	なし	166	○	0.25	5	○	本発明例	
36	炭法	1.05	-0.05	0.63	0.30	0.08	0.00	なし	165	○	0.25	5	○	本発明例	
37	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.30	0.10	0.00	なし	163	○	0.25	5	○	本発明例	
38	水法	1.05	-0.05	0.55	0.30	0.15	0.00	なし	159	○	0.25	5	○	本発明例	
39	炭法	1.05	-0.05	0.50	0.30	0.20	0.00	なし	156	○	0.25	5	○	本発明例	
40	炭法	1.05	-0.05	0.45	0.30	0.25	0.00	なし	153	○	0.25	5	○	本発明例	
41	水法	1.05	-0.05	0.40	0.30	0.30	0.00	なし	150	○	0.25	5	○	本発明例	
42	炭法	1.05	-0.05	0.37	0.30	0.33	0.00	なし	140	△	0.25	5	○	比較例	
43	炭法	1.05	-0.05	0.35	0.30	0.35	0.00	なし	148	△	0.25	5	○	比較例	
44	炭法	1.05	-0.05	0.30	0.30	0.40	0.00	なし	147	△	0.25	5	○	比較例	
45	水法	1.05	-0.05	0.20	0.30	0.50	0.00	なし	144	△	0.25	5	○	比較例	
46	炭法	1.05	-0.05	0.10	0.30	0.60	0.00	なし	142	△	0.25	5	○	比較例	

(注) ① 組成式 : Li<sub>1-x</sub>Ni<sub>x-y</sub>Mn<sub>y</sub>Co<sub>z</sub>M<sub>2-z</sub>O<sub>2</sub>  
 ② 炭法: 炭酸塩法、水法: 水酸化物法

## [0083]

[Table 4]

No	分類	組成モル比		Ni I-a	Mn I-a	Co I-a	M I-a	M種 I-a	特性値 容量 mAh/g	判定	発熱量比			備考
		Li	Li						容量		x	%	判定	
									mAh/g					
47	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Al	171	○	0.25	9	○	本発明例
48	炭法	1.05	-0.05	0.53	0.20	0.15	0.12	Al	168	○	0.25	7	○	本発明例
49	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.18	Al	150	○	0.25	2	○	本発明例
50	炭法	1.05	-0.05	0.40	0.20	0.15	0.25	Al	146	△	0.25	1	○	比較例
51	炭法	1.05	-0.05	0.65	0.20	0.15	0.05	Al	161	○	0.25	3	○	本発明例
52	水法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Sn	163	○	0.25	8	○	本発明例
53	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.18	Sn	152	○	0.25	5	○	本発明例
54	水法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Si	165	○	0.25	7	○	本発明例
55	水法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.18	Si	151	○	0.25	5	○	本発明例
56	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Zn	161	○	0.25	12	○	本発明例
57	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.18	Zn	152	○	0.25	8	○	本発明例
58	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Cr	158	○	0.25	9	○	本発明例
59	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.18	Cr	151	○	0.25	6	○	本発明例
60	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Fe	162	○	0.25	10	○	本発明例
61	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.18	Fe	153	○	0.25	7	○	本発明例
62	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Mg	161	○	0.25	9	○	本発明例
63	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.18	Mg	150	○	0.25	5	○	本発明例
64	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Sr	159	○	0.25	8	○	本発明例
65	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.18	Sr	152	○	0.25	6	○	本発明例
66	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Na	160	○	0.25	7	○	本発明例
67	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.18	Na	153	○	0.25	5	○	本発明例

(注) ① 組成式 : Li<sub>1+x</sub>Ni<sub>1-x</sub>Co<sub>x</sub>Mn<sub>2-x</sub>O<sub>2</sub>  
 ② 炭法: 炭酸塩法、水法: 水酸化物法

#### [0084]

[Effect of the Invention] In this way, the positive active material for lithium secondary batteries which was moreover extremely excellent in high capacity, long lasting, and a low price at the thermal stability at the time of a delithium according to this invention is obtained, it can use not only for the object for small cells but for the large-sized cells for electric vehicles, and the practical meaning is large also from the point of application expansion of a rechargeable lithium-ion battery.

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the graph which shows the relation between the amount x of \*\* lithiums, and generation of heat/the amount of endoergic.

[Drawing 2] It is the graph which shows the relation between the amount of empirical formula lithiums, and discharge capacity.

[Drawing 3] Mn It is the graph which shows the relation between a presentation mole ratio, and discharge capacity and a calorific value ratio.

[Drawing 4] It is the graph which shows the relation between Co presentation mole ratio, and discharge capacity and a calorific value ratio.

[Drawing 5] It is the graph which shows the relation between a M=aluminum presentation mole ratio, and discharge capacity and a calorific value ratio.

[Drawing 6] It is the sectional view showing the configuration of the coin mold lithium secondary battery which applied this invention.

[Drawing 7] TG-DTA in thermal stability measurement It is the graph which shows the example of data and is drawing 7 (a). Standard substance  $\text{Li}_{x}\text{NiO}_2$  TG-DTA of the amount  $x= 0.05$  of \*\* lithiums which can be set It is data and is drawing 7 (b), TG-DTA in the amount  $x= 0.25$  of \*\* lithiums of this ingredient It is the example of data.

[Drawing 8] DTA Charge to depend (delithium) Next  $\text{LiNiO}_2$  and  $\text{LiCoO}_2$ , and  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  It is the graph which shows the example of well-known measurement.

---

[Translation done.]

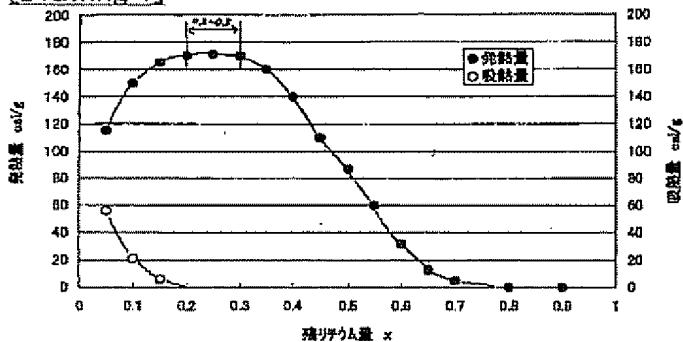
\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

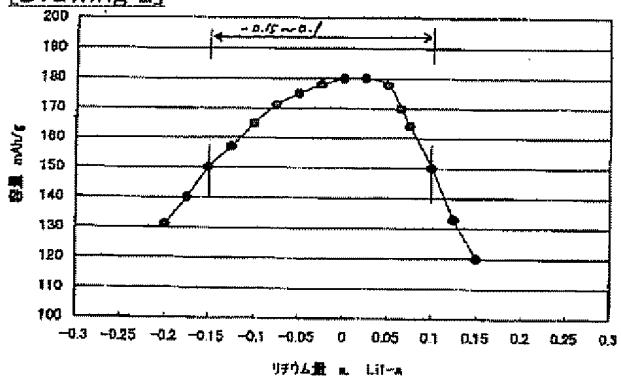
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

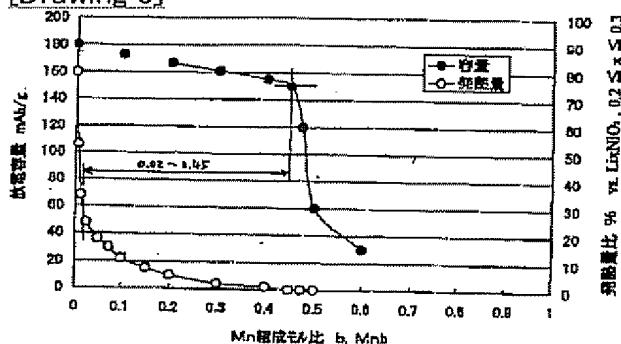
[Drawing 1]



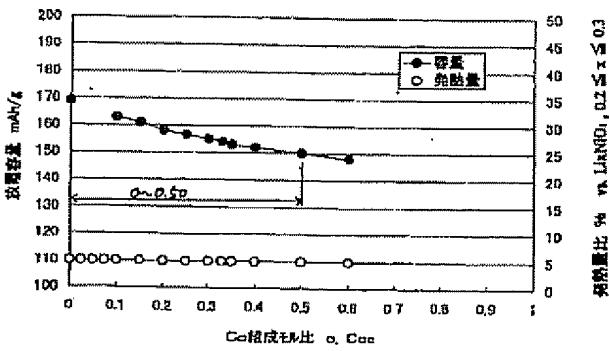
[Drawing 2]



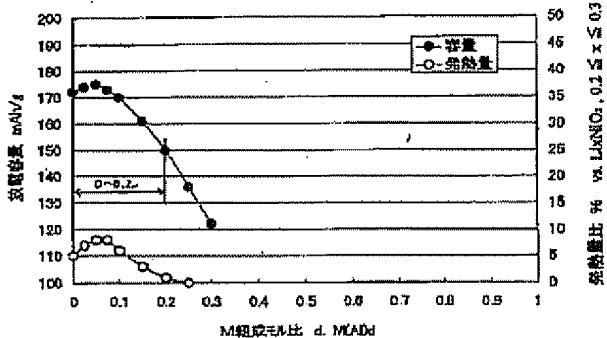
[Drawing 3]



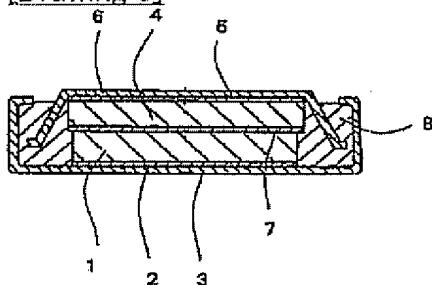
[Drawing 4]



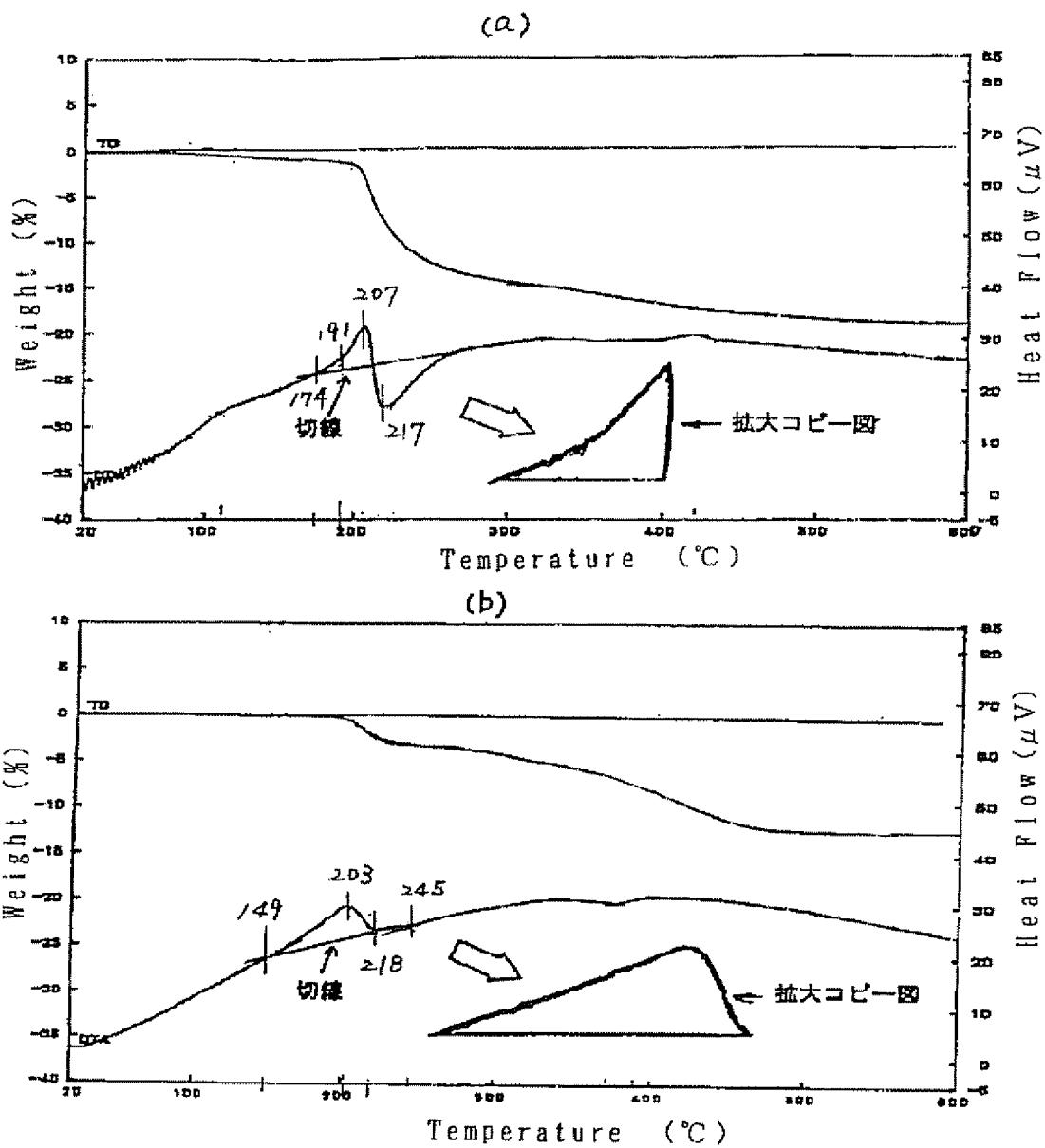
[Drawing 5]



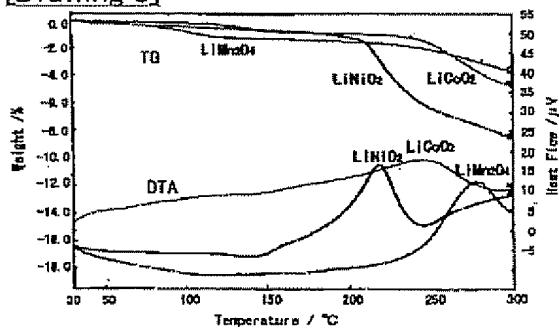
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-307094

(43) 公開日 平成11年(1999)11月5日

(51) Int CL<sup>8</sup>  
H 01 M 4/58  
4/02  
10/40

識別記号

F I  
H 01 M 4/58  
4/02  
10/40

C  
Z

審査請求 未請求 請求項の数3 O.L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-109746

(22) 出願日 平成10年(1998)4月20日

(71) 出願人 592193764  
中央電気工業株式会社  
新潟県中頸城郡妙高高原町大字田口272番地  
(72) 発明者 宮下 孝洋  
新潟県中頸城郡妙高高原町田口272番地  
中央電気工業株式会社内  
(72) 発明者 北村 元  
新潟県中頸城郡妙高高原町田口272番地  
中央電気工業株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 広瀬 章一

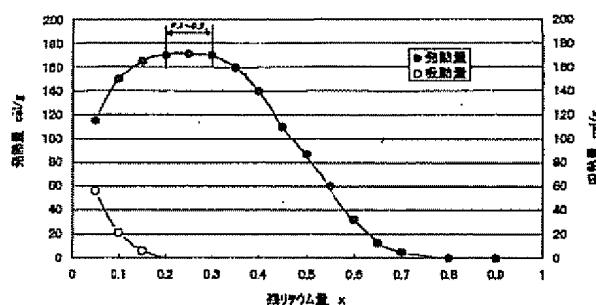
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リチウム二次電池用正極活性物質とリチウム二次電池

(57) 【要約】

【課題】 高容量・長寿命・低価格でしかも脱リチウム時の熱安定性に極めて優れたりチウム二次電池用正極活性物質を提供する。

【解決手段】 Li<sub>1-x</sub>Ni<sub>0.5-a</sub>Mn<sub>a</sub>Co<sub>b</sub>M<sub>c</sub>O<sub>2</sub> (M:微量元素)において、 $-0.15 \leq a \leq 0.10$ ,  $0.02 \leq b \leq 0.45$ ,  $0 \leq c \leq 0.50$ ,  $0 \leq d \leq 0.20$ の組成を有し、引き抜き後の残りリチウム量xを $0.20 \leq x \leq 0.30$ としたときに加熱温度範囲で175 ~ 300 °Cでの発熱量yが、Li<sub>1-x</sub>NiO<sub>2</sub>に対して $0 \leq y \leq 30\%$ であるリチウム二次電池用正極活性物質を用いる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】  $\text{Li}_{1-a} \text{Ni}_{1-b} \text{Mn}_c \text{Co}_d \text{M}_e \text{O}_x$  (M:微量元素添加元素)において、 $-0.15 \leq a \leq 0.10$ 、 $0.02 \leq b \leq 0.45$ 、 $0 \leq c \leq 0.50$ 、 $0 \leq d \leq 0.20$ の組成を有し、引き抜き後の残りチウム量xを $0.20 \leq x \leq 0.30$ としたときに加熱温度範囲 $175 \sim 300$  °Cでの発熱量yが、 $\text{Li}_{1-x} \text{NiO}_2$ に対しても $0 \leq y \leq 30\%$ であることを特徴とするリチウム二次電池用正極活物質。

【請求項2】 一般式中のMが、水素、リチウム元素以外の元素周期表第Ia族、第IIa族、第IIb族、第IIIb族、および第IVb族、ならびにNi、Co、Mn以外の遷移元素から成る群から選ばれた1種または2種以上の元素であることを特徴とする請求項1記載の正極活物質。

【請求項3】 請求項1または2に記載の非水電解液用正極活物質を用いたリチウム二次電池。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ポータブル電子機器および電気自動車等の電源として用いられる熱安定性に優れたリチウム二次電池用正極活物質およびリチウム二次電池に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、携帯用電子機器並びにパソコン分野等の市場拡大に伴い、駆動用電源の小型軽量化が急速に進み、更なる小型・軽量・高密度化が求められるようになってきた。一方、従来の小型電池の開発にとどまらず大型電源を必要とする電気自動車の実用化に向けての動きも活発になっている。これらは、有害な排気ガスの削減を中心とした地球環境の改善と運動しており、電源機能として小型・軽量・高密度化に加えて特に安全性が重要視される。

【0003】 現在、携帯用電子機器等の電源としてはニッケルカドミウム電池、ニッケル水素電池等の水溶液系に加えて非水系のリチウムイオン電池が多く用いられている。しかしながら、これら水溶液系の電池はサイクル特性および価格的には優れるものの、電池重量やエネルギー密度の点で十分に満足できるものとは言えない。他方、非水系のリチウムイオン電池は近年急速に需要が拡大したが、主成分に高価なコバルトを使用しているため価格的には水溶液系に比べて高価であり、体積エネルギー密度および安全性の点で改善の余地が多く残されている。

【0004】 一方、電気自動車用の大型電池としては、まだまだ開発試作段階であり特に安全性の観点からニッケル水素電池が多く選定されているが、小型電池と同様に電池重量やエネルギー密度の点で満足できるものとは言えない。

【0005】 また、電気自動車用としてリチウムイオン電池の搭載も検討されているが、最大の課題は安全性と価格である。特に、現在検討されているコバルト系(Li

$\text{CoO}_2$ )、ニッケル系( $\text{Li}_{1-x} \text{NiO}_2$ )、マンガン系( $\text{Li}_{1-x} \text{MnO}_2$ )正極活物質は何れも充電時の脱リチウムにより結晶構造が熱的に不安定である。すなわち、過充電(脱Li $\geq 0.6$ )した電池を200 ~ 270 °Cに加熱すると、急激な構造変化とそれに続く酸素放出反応が進行する(J. R Dahn et al., Solid State Ionics, 69, 265(1994))。その発熱挙動は材料系によって異なり、例えば発熱開始温度はニッケル系 < コバルト系 < マンガン系の順に低温域に移る。

10 【0006】 このように注目されるリチウムイオン電池において、コバルト系正極材は小型電池に多く用いられているが、電気自動車用大型電池としては価格および資源の点で適用が難しい。

【0007】 また、ニッケル系正極材は高容量であるがサイクル寿命および熱的に最も不安定であり安全性の点から適用は難しいと言われている。これを改善するために、ニッケルの一部を他の元素で置換することなどにより、発熱開始温度の僅かな高温側シフトや発熱ピークのプロード化等の試み(例えば、T.Ohzuku et al., J.Electrochem. Soc., 142, 4033(1995)、特開平9-237631号公報)が多くなされてはいるものの、まだまだ満足される結果は得られていない。マンガン系正極材料については、価格的に有望視されているが容量並びにサイクル特性の点で問題が多い。

【0008】 前述のように、ニッケル系はそれら3つの系の中で最も高容量が期待されるものの、サイクル寿命および熱安定性の観点から問題がある。しかしながら、この問題は正極活物質としての使用量が比較的小ない小型民生用電池においては、コバルト系に比べて安価であることからニッケルの一部をコバルトまたはマンガン等で置換した組成系としてニッケル-コバルト複合系(例えば、特開平9-259884号公報)、ニッケル-マンガン複合系(例えば、特開平6-203829号公報、特開平6-96768号公報)、コバルト-マンガン系(例えば、特開平3-201368号公報、特開平4-28162号公報)などがみられ、その製法として乾式合成手法が検討されている。

【0009】 なお、原料合成段階からの湿式複合化手法としては、ニッケル-コバルト複合系(例えば、特開平9-270257号公報、特開平8-236117号公報)、ニッケル-マンガン複合系(例えば、特開平8-171910号公報)、ニッケル-コバルト-マンガン複合系(例えば、特開平9-222220号公報、特開平9-251854号公報)などが提案されている。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】 ニッケル系( $\text{LiNiO}_2$ )はコバルト系( $\text{LiCoO}_2$ )に比べて低価格で高エネルギー密度が期待されるが、前記のニッケル元素の一部をコバルトおよび又はマンガンで置換した組成複合化の試みは主としてサイクル寿命、容量改善を狙いとしたものであ

り、充電脱リチウム時の熱安定性の大幅な改善は期待できないと考えられていた。

【0011】したがって、このような問題を解決するために、原料製法の検討およびニッケル元素の一部をマンガン・コバルト以外の元素であるアルミニウムで置換することなどが提案されている。

【0012】原料製法の検討としては、例えば第38電池討論会講演要旨集p.101には、硝酸ニッケルと硝酸コバルト混合水溶液にアンモニア（ニッケル+コバルト）の比が3となるようにアンモニア水を加え、80°Cで3時間攪拌し、pH=6.5～7.5を保つように1モル/l一水酸化ナトリウム液を滴下、煮沸してアンモニアを除去、水洗、濾過、乾燥し、得られた複合水酸化物  $\text{Ni}_{0.15} \text{Co}_{0.15} (\text{OH})_2$  と水酸化リチウムを混合、750 °Cの酸素中で20分間焼成する。このようにして得られる  $\text{LiNi}_{0.15} \text{Co}_{0.15} \text{O}_2$  の粒径を  $2\text{ }\mu\text{m}$  以上と大きくすることで、充電脱リチウム後のDTA(Differential Thermal Analysis: 示差熱分析)発熱ピークが  $1\text{ }\mu\text{m}$  以下の微粒子に比べて約7 °C高温側にシフトすることが記載されている。

【0013】また、特開平9-237631号公報では、 $\text{LiNi}_{1-y-z} \text{Co}_y \text{Mn}_z \text{Al}_1 \text{O}_2$ において  $y = 0$  のとき  $0.15 \leq x \leq 0.25$ 、 $0 < z \leq 0.15$ 、または  $0 < y \leq 0.3$  のとき、 $0 \leq x \leq 0.25$ 、 $0 < z \leq 0.15$ 、 $x + y \leq 0.4$  とすることを特徴とするリチウム二次電池用正極活物質を製造するに際して、共沈合成した  $\beta-\text{Ni}_{1-y} \text{Co}_y \text{Mn}_z (\text{OH})_2$  または  $\beta-\text{Ni}_{1-y} \text{Co}_y \text{Mn}_z \text{OOH}$  ( $0 \leq x \leq 0.25$ 、 $0 \leq y \leq 0.3$ ) と  $\text{LiOH}$ 、 $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{LiNO}_3$  等のLi源と、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等のアルミニウム化合物とを混合焼成して  $\text{Li} \cdot \text{Ni} \cdot \text{Co} \cdot \text{Mn} \cdot \text{Al}$  複合酸化物を得ている。

【0014】この発明は、コバルトおよびマンガンの添加による脱リチウム時の正極活物質の結晶層間のズレの抑制とアルミニウム添加による結晶格子内への不活性点導入による熱的安定性の改善効果を提案している。アルミニウムの添加複合の有無による脱リチウム時の発熱抑制の効果としては、DSC(Differential Scanning Calorimetry: 示差走査熱量計)データにおいて発熱ピークがプロードであることをその証拠として明細書中に図を記載している。

【0015】しかしながら、アルミニウムの複合化による鋭いピークがプロードになることはデータ的には認められるものの、総発熱量としては同等レベルで改善されているとは認めがたい。確かに、鋭い発熱ピークが若干プロードになることで、着火の引き金（トリガー）的危険性は多少改善されるが、電池に求められる発熱ピーク挙動および総発熱量の抑制には不十分である。

【0016】その他の例として、特開平4-22066号公報や特開平9-232002号公報において、ニッケルやコバルト等の遷移金属とアルミニウム等の非遷移金属との複合酸化物をリチウム二次電池の正極活物質として用いることが示されている。しかしながら、遷移金属全量の規

定のみで元素同士の関係は規定されておらず、何れの発明においても遷移金属量および添加置換元素の量的関係が、熱安定性、およびそれに関連した安全性、ならびにサイクル寿命に影響するという重要な課題認識がなされていない。

【0017】本発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、高容量・長寿命・低価格でしかも脱リチウム時の熱安定性に極めて優れたリチウム二次電池用正極活物質およびリチウム二次電池を提供することを目的とする。

【0018】さらに別の面からは、本発明は、電気自動車などの駆動用の大型電池として容量・寿命・熱安定性に優れたリチウム二次電池用正極活物質およびリチウム二次電池を提供することを目的とする。

### 【0019】

【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するために本発明者らが鋭意検討した結果、所定量配合したニッケル・マンガン・コバルト系原料合成段階から、複数の元素を所定量だけ均一混合合成する段階を含む新規な製造手法とリチウム塩類と混合焼成する手法とを巧みに組み合わせることにより、容量・寿命・熱安定性に優れた画期的なリチウム二次電池用正極活物質およびリチウム二次電池が得られることを見出し、本発明を完成させた。

【0020】また、脱リチウムには電気化学的な手法と不均化反応を利用した酸処理法が知られており、前者は充電容量から、後者は化学分析により、それぞれ脱リチウム量を決定することができる。特にニッケル系材料の場合には、脱リチウム量により発熱ピーク位置は不变でも発熱量は大きく変化するため、脱リチウム量を一定にして発熱量を比較しないと意味がないが、上述のようにして調製した組成式:  $\text{Li}_{1-x} \text{Ni}_{1+y} \text{Mn}_z \text{Co}_w \text{M}_x \text{O}_2$  ( $\text{M}$ : 微量添加元素)において、 $-0.15 \leq a \leq 0.10$ 、 $0.02 \leq b \leq 0.45$ 、 $0 \leq c \leq 0.50$ 、 $0 \leq d \leq 0.20$  の組成を有するニッケルーマンガン系材料の場合、残リチウム量  $x$  が、 $0.20 \leq x \leq 0.30$  の範囲ではほぼ一定の発熱量を示すことが本発明者らの研究により明らかになり、しかも、その発熱量は  $175 \sim 300$  °C の加熱範囲で、 $\text{Li} \cdot \text{NiO}_2$  の発熱量に比較して 30% 以下であることを知り、本発明に至ったのである。

【0021】ここに、本発明は、 $\text{Li}_{1-x} \text{Ni}_{1+y} \text{Mn}_z \text{Co}_w \text{M}_x \text{O}_2$  ( $\text{M}$ : 微量添加元素)において、 $-0.15 \leq a \leq 0.10$ 、 $0.02 \leq b \leq 0.45$ 、 $0 \leq c \leq 0.50$ 、 $0 \leq d \leq 0.20$  の組成を有し、残リチウム量  $x$  が  $0.20 \leq x \leq 0.30$  の範囲において  $175 \sim 300$  °C に加熱範囲での発熱量  $y$  が  $\text{Li} \cdot \text{NiO}_2$  の発熱量に対して  $0 \leq y \leq 30\%$  であることを特徴とするリチウム二次電池用正極活物質である。

【0022】本発明の好適態様によれば、上記一般式中の  $\text{M}$  は、水素、リチウム元素以外の元素周期表の第Ia族、第IIa族、第IIb族、第IIIb族、および第IVb族、

ならびにNi、Co、Mn以外の遷移元素から成る群から選ばれた1種または2種以上の元素である。さらに、別の面からは、本発明は、前記正極活物質を用いたリチウム二次電池である。

#### 【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について詳細に説明するが、本発明は下記実施の形態により何ら限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲において適宜変更して実施することができる。

【0024】まず、本発明において組成を上述のように限定した理由を説明する。図1は、組成式： $\text{Li}_{1-x} \text{Ni}_{1-a} \text{Mn}_a \text{Co}_b \text{M}_c \text{O}_2$  をもった正極活物質に対して充電による脱リチウムを行い、組成式： $\text{Li}_x \text{Ni}_{1-a} \text{Mn}_a \text{Co}_b \text{M}_c \text{O}_2$  とするときの残リチウム量xと発熱・吸熱量の関係を示すグラフである。

【0025】図1からも分かるように、(i) 残リチウム量x=0.2～0.3の範囲で発熱量(構造変化)は一定値を示し、(ii) 残りリチウム量x>0.3では、発熱量は小さく現れ(構造変化の対象部分小)、(iii) 一方、残リチウム量x<0.2では、酸素放出を伴うNiOへの分解吸熱を伴うため発熱量は見かけ上小さくなる(発熱量-吸熱量差し引きバランスのため)。

【0026】なお、化学発熱量の単位としては一般にca l/gが用いられ、本発明では後述する図2に示すように、DTAにおける発熱ピーク面積から容易に求められる。例えば、ニッケル酸リチウム(LiNiO<sub>2</sub>)の発熱量は製法等により若干異なるが170～200cal/gである。

【0027】図2は、組成式： $\text{Li}_{1-x} \text{Ni}_{1-a} \text{Mn}_a \text{Co}_b \text{M}_c \text{O}_2$  におけるリチウム量(1-a)と放電容量の関係を、横軸にaをとって示すグラフである。図2からは次の点が分かる。

【0028】(1) 組成式におけるリチウム量aが0.10より大きくなると、すなわちLi<0.90未満ではLi不足によるLi以外の酸化物単独相(充放電を阻害、反応・Li移動拡散抵抗大)の形成により放電容量が小さくなる(≤150 mAh/g)。

【0029】ここで、150 mAh/gはLiCoO<sub>2</sub>の理論容量274 mAh/gに対して4.2Vまでの充放電で計算上得られるLi<sub>1.0</sub>～0.45相当の容量であり、本発明における実用化のための指標である。ただし、この放電容量は充放電条件により変化し、150 mAh/g未満においても空間スペース等の用途を選択すれば使用可能であるが、本発明においては出力エネルギー密度(Wh/kg, Wh/l)の観点から150 mAh/g以上が好ましい。

【0030】(2) aが-0.15より小さいと、すなわち、Li>1.15を越えると過剰なLiによるLi酸化物相の析出により、電池反応が阻害され放電容量が小さくなる(≤150 mAh/g)。

【0031】図3は、組成式： $\text{Li}_{1-x} \text{Ni}_{1-a} \text{Mn}_a \text{Co}_b \text{M}_c \text{O}_2$  において、a=-0.05、0.02≤b≤0.45、c=

0.20、d=0としたとき、つまり、組成例： $\text{Li}_{0.95} \text{Ni}_{0.08} \text{Mn}_{0.20} \text{Co}_{0.40} \text{O}_2$  における、Mn組成モル比と放電容量、発熱量比の関係を示すグラフである。

#### 【0032】

図3からは次の点が分かる。

(1) 組成式におけるMn量bが0.45より大きくなると、4V領域で充放電に寄与しないスピネル系LiNi<sub>0.8</sub>Mn<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub>の生成量が急速に増えて放電容量が低下する。

【0033】(2) 一方、本発明のLiNiO<sub>2</sub>骨格複合材におけるMn複合の発熱抑制に及ぼす効果は極めて大きく、Mn量b≥0.02において発熱量比は目標指標である30%以下に抑制され、~0.45と複合量が増えるに従い発熱量はゼロに近づく。

【0034】これは、骨格Ni<sup>2+</sup>に比べてイオン半径の小さい、しかも酸素親和力の強いMn<sup>3+</sup>による層状構造および骨格安定化作用によるものと考えられる。なお、ここに、発熱量比は、本明細書においては、 $\text{Li}_{1-x} \text{Ni}_x \text{O}_2$  (x=0.2～0.3)の175～300 °Cの範囲における発熱量を100とした時の発熱量比率を表す。

【0035】図4は、組成式： $\text{Li}_{1-x} \text{Ni}_{1-a} \text{Mn}_a \text{Co}_b \text{M}_c \text{O}_2$  において、a=-0.05、b=0.30、0≤c≤0.5、d=0としたとき、つまり、組成例： $\text{Li}_{0.95} \text{Ni}_{0.72} \text{Mn}_{0.20} \text{Co}_{0.40} \text{O}_2$  におけるCo組成モル比と放電容量、発熱量比の関係を示すグラフである。

#### 【0036】

図4からは次の点が分かる。

(1) 組成式におけるCo量cが0.50より大きくなると、LiCoO<sub>2</sub>の単独相が析出し、ニッケル骨格構造による容量が低下する。また、Coは資源に乏しく且つ高価な材料であるためCo配合量が増えることは好ましくない。

【0037】(2) 一方、本発明のLiNiO<sub>2</sub>骨格複合材におけるCo複合により発熱ピークが若干高温側にシフトするものの、発熱抑制の効果は比較的小さく、Co複合量に対してほぼ一定の値を示す。これは、Co<sup>3+</sup>イオンがNi<sup>2+</sup>イオンに比べて小さいことから固溶しやすく、酸素親和力がMn<sup>3+</sup>>Co<sup>3+</sup>>Ni<sup>2+</sup>であることにも起因する。

【0038】図5は、組成式： $\text{Li}_{1-x} \text{Ni}_{1-a} \text{Mn}_a \text{Co}_b \text{M}_c \text{O}_2$  において、a=-0.05、b=0.20、c=0.1、0≤d≤0.20としたとき、つまり、組成例： $\text{Li}_{0.95} \text{Ni}_{0.70} \text{Mn}_{0.20} \text{Co}_{0.40} \text{Al}_{0.10} \text{O}_2$  におけるM=Al組成モル比と放電容量、発熱量比の関係を示すグラフである。

#### 【0039】

図5からは次の点が分かる。

(1) 組成式におけるM=Al量dが0.20より大きくなると、充放電に寄与しない副生相の析出(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、LiAlO<sub>2</sub>等)により放電容量が低下する(≤150 mAh/g)。

【0040】(2) 発熱量抑制はMn複合による効果の方が大きいが、低Mn配合量での抑制効果元素としては極めて有効であり、少量複合(d≤0.2)により発熱量は更に改善される。

【0041】本発明において発熱量の比較に用いるLi、

$\text{NiO}_2$ は、例えば市販試薬の水酸化リチウム ( $\text{LiOH}$ ) と水酸化ニッケル ( $\text{Ni(OH)}_2$ ) を  $\text{Li} : \text{Ni}$  比率 = 1.01で混合して20mmφに成型したものを管状炉中に入れ、150 °Cで4～6時間酸素通気した後、酸素雰囲気下600 °Cまで150 °C 時で昇温、さらに750 °Cまで50°C 時で昇温後に24時間保持、室温まで100～200 °C 時で冷却した材料を粉碎分級 (250 メッシュ以下) して得た  $\text{LiNiO}_2$  を残りリチウム量  $x$ 、 $0.20 \leq x \leq 0.30$ まで脱リチウムして得たものであって、これは再現性良く使用することができる。

【0042】一般的な熱挙動および反応熱量測定手法としてDTA、DSCの他に断熱型熱量による精密熱容量測定法が用いられるがそれぞれに長所短所がある。本発明の効果を確かめる手法としては比較材との相対評価が重要であることから必ずしも DSC (Differential Scanning Calorimetry: 示差走査熱量計) を用いる必要はなく、通常の熱分析装置 (TG・DTA: Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis、熱重量・示差熱分析) で十分である。

【0043】図8は、海外の電池学会 (IBA電池技術検討会、1997年台湾) で報告されたDTAによる充電(charged) 脱リチウム後の  $\text{LiNiO}_2$ 、 $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  の発熱挙動であり、 $\text{LiNiO}_2$ は、他の材料に比べてするどい大きな発熱を示している。

【0044】本発明において特記すべきことは、微量添加元素Mを加える場合、ニッケル・マンガン・コバルト元素と共に原料段階から原子レベルで均一に混合結晶化させることと、その添加量を所定範囲に規定することである。

【0045】原料段階からの複合化の手法としては、廃水処理等の基本技術として用いられるpHをアルカリ側に制御した沈殿法が良く知られているが、元素別の沈殿生成pHが大きく異なることから最終沈殿物は各元素水酸化物の物理混合状態となり原子レベルでの元素均一化は難しい。特にアルミニウムのように高アルカリ (pH ≥ 10.0付近) 側で錯イオンとして溶解する元素の原料段階からの複合は困難であり、例えば特開平9-237631号公報に記載されているように、 $\text{Ni} \cdot \text{Mn} \cdot \text{Co}$ 複合水酸化物を合成した後、別原料として酸化アルミニウムもしくは水酸化アルミニウムをリチウム源と共に混合焼成して複合酸化物を得る手法が採用されている。

【0046】これらの問題を解決するために本発明者らが鋭意検討の結果、見出した合成法は、各種元素の硫酸塩水溶液とアンモニアを微量添加した重炭酸アンモニウム塩水溶液を所定の温度、pH条件 (中性領域) で同時にしくは交互に添加し、ほぼ同心円球状に均一な結晶成長を行わせる方法である。本方法によりこれまで困難とされてきた各種の元素の原料段階での複合化を容易に行わせることができる。

【0047】一方、本合成法においてpHをアルカリ側に設定し、重炭酸アンモニウムの代わりに水酸化リチウム

等のアルカリを添加することにより、緻密な不定形複合材が得られる。これを先の合成法と同様にリチウム源と混合焼成し、脱リチウムしても同じ効果が得られることを見出した。この場合に得られる複合原料組成は、いわゆる純粋な炭酸塩ではなく、例えば  $2\text{NiCO}_3 \cdot 3\text{Ni(OH)}_2 \cdot 4\text{LiO}$  のような複合組成の複塩を形成しているものと思われる。

【0048】従って、後者のようにpH領域を高くして、複塩の水酸化物生成比率を高めたものを本発明において水酸化物法(略して水法)と称し、前者の炭酸塩を主体とした製法を、炭酸塩法(略して炭法)と区別する。

【0049】炭法においては、結晶の成長が定形状であり、水法においては不定形であることが特徴であり、いずれも原料段階での均一混合による構造の安定化が、本発明に係る効果発現の主因であると考えられる。

【0050】この点に関する従来技術には、前述の沈殿法以外に特開平1-294364号公報の開示する方法があり、この公報には、 $\text{Li}_{1-x}\text{Co}_y\text{Ni}_x\text{O}_2$ 、 $x = 0 \sim 1$ 、 $y = 0.5 \sim 0.9$  組成の複合材を得る方法としてニッケルおよびコバルト塩化物 ( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 水溶液に炭酸ガスを飽和させ、重炭酸ナトリウム水溶液を加えて放置共沈させ、得られた沈殿物を水洗後にアルゴンガス中140 °Cで乾燥、炭酸リチウムと混合焼成する方法が記載されている。この発明は  $\text{LiCoO}_2$  に Ni を固溶させて開路電圧を下げ、4 V以下の低い電圧において大きな充放電容量を得るためのものであり、本発明とはその目的および課題認識と共に原料～製法さらには結晶化プロセスが全く異なっている。

【0051】本発明者らは前記の新しい複合化製法を用いて、種々の元素複合化と特性評価を試みた。その結果、 $\text{Li}_{1-a}\text{Ni}_{1-b}\text{Mn}_c\text{Co}_d\text{M}_e\text{O}_2$  ( $M$ : 微量添加元素) の組成において、 $-0.15 \leq a \leq 0.10$ 、 $0.02 \leq b \leq 0.45$ 、 $0 \leq c \leq 0.50$ 、 $0 \leq d \leq 0.20$ であり、好ましくは、Mを水素、リチウム元素以外の元素周期表の第Ia族、第IIa族、第IIb族、第IIIb族、および第IVb族、ならびにNi、Mn、Coを除く遷移元素から成る群から選んだ少なくとも1種と規定することにより、残リチウム量  $0.20 \leq x \leq 0.30$ としたときの175～300 °C加熱範囲での発熱量  $y$  が  $\text{Li}_{1-x}\text{NiO}_2$  に対して  $0 \leq y \leq 30\%$  になることを見出したのである。換言すればそのような発熱特性と安定構造とは等価である。

【0052】本発明の効果発現メカニズムは明確ではないが、すでに説明したように、原料段階での原子レベルの混合と相成って緻密な結晶成長プロセスと構造安定化が熱安定性改善に大きく寄与しているものと考える。従って、本発明にかかる正極活性物質を製造するに当たっては、本発明効果の発現メカニズムを満足できる製法であれば特に制限されるものではない。

【0053】本発明に係るリチウム二次電池は、 $\text{Li}_{1-a}\text{Ni}_{1-b}\text{Mn}_c\text{Co}_d\text{M}_e\text{O}_2$  (但し、 $-0.15 \leq a \leq$

0.10, 0.02 ≤ b ≤ 0.45, 0 ≤ c ≤ 0.50, 0 ≤ d ≤ 0.20である組成物を主体とした正極活物質からなる正極とリチウム金属または炭素材料からなる負極と非水電解液から構成される。

【0054】本発明の好適態様によれば、Mは、水素、リチウム元素以外であって、元素周期表の第Ia族、第IIa族、第IIb族、第IIIb族、および第IVb族、ならびにニッケル、マンガン、コバルトを除く遷移元素から成る群から選ばれた1種または2種以上の元素である。これらの元素を例示すれば次の通りである。

#### 【0055】

第Ia族: Na、K、Rb、Cs、Fr

第IIa族: Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Ra

第IIb族: Zn、Cd、Hg、Cf

第IIIb族: B、Al、Ga、In、Tl

第IVb族: C、Si、Ge、Sn、Pb

なお、本発明に係るリチウム二次電池において用いる負極は、実施例においてはリチウム金属を用いているが、そのような負極活物質としては、リチウムをドープおよび脱ドープ可能なものであればいずれであってもよく、熱分解炭素類、コークス類（ピッチコークス、ニードルコークス、石油コークスなど）、グラファイト類、ガラス状炭素類、有機高分子化合物焼成体（フェノール樹脂、フラン樹脂などを適当な温度で焼成し炭素化したもの）、炭素繊維、活性炭などの炭素質材料、あるいは金属リチウム、リチウム合金（例えば、リチウムアルミニウム）の他、ポリアセチレン、ポリビロールなどのポリマーが例示される。

【0056】電解液には、リチウム塩を電解質とし、これを0.5～1.5モル/リッターなる濃度で有機溶媒に溶解させた非水電解液が用いられる。ここで有機溶媒としては、特に限定されるものではないが、例えば、炭酸プロピレン、炭酸エチレン、炭酸ブチレン、γ-アブチロラクトン、炭酸ジメチル、炭酸エチルメチル、酢酸エステル化合物、プロピオン酸エステル化合物、ジ酢酸エステル化合物、ジメトキシエタン、ジエトキシエタン、ジメトキシプロパン、ジエトキシプロパン、テトラヒドロフラン、ジオキソランなどの単独もしくは2種以上混合した混合溶媒がある。

【0057】電解質としては、過塩素酸リチウム、トリフルオロメタンスルホン酸リチウム、四フッ化硼酸リチウム、六フッ化磷酸リチウム、六フッ化硫酸リチウムなどがある。

【0058】本発明に係る非水リチウム二次電池の形状は、特に限定されるものではなく、コイン型電池、円筒状渦巻き式電池、平板状角型電池、インサイドアウト型円筒型電池等何れの電池にも適用可能である。また、本発明においては、小型電池に言及しているが発熱抑制による安全性の観点から特に大型電池に好適である。

#### 【0059】

#### 【実施例】【実施例1】

##### 原料複合材料の製造

まずNi-Mn-Coのモル比が0.65-0.20-0.15となるように硫酸ニッケル26.9kg、硫酸マンガン5.0kg、硫酸コバルト6.6kgを純水に溶解して100リッターとした（A液）。一方、重炭酸アンモニウム14.7kgを純水に溶解し更に濃アンモニア水11.8リッターを純水に溶解希釈して100リッターとした（B液）。

【0060】次に約300リッターの攪拌反応槽に15リッターの予備水を入れて加熱昇温し、前記のAおよびB反応液を定量ポンプにより数リッター/分の流量で約12時間かけて反応槽内へ交互に添加した。反応液の添加終了後、約1時間攪拌保持して更なる結晶の成長を促した。その後、反応物を濾過・水洗した後一昼夜乾燥して18.6kgの複合炭酸塩を得た。

#### 【0061】リチウム複合酸化物の製造

前記で得られた複合炭酸塩13.4kgと水酸化リチウム2.85kgを粉碎混合し、さらに成型して、酸素ガスを流通させた電気炉で840℃で24時間焼成した。焼成物を室温まで冷却した後、粉碎分級して所定粒度以下の製品（リチウム二次電池用正極活物質）約10kgを得た。なお、粉碎分級は乾燥空気中で実施した。

【0062】得られたリチウム複合酸化物の電池特性および熱安定性を後述の手法により測定し、得られた結果を表1に示した。

#### 【0063】電池作製および試験

上述のようにして得た正極活物質100重量部に導電材としてアセチレンブラック15重量部および結着材としてフッ素樹脂粉末10重量部を加え、充分混合した後、有機溶剤にて混練し、ロールで約400μmに圧延、150℃で乾燥後、所定の径に打ち抜いて正極を作製した。

【0064】一方、所定の寸法に打ち抜いた金属リチウム箔を導電材メッシュに圧延して負極とし、エチレンカーボネート(EC)とジメチルカーボネート(DMC)との混合溶液(容積比1:2)に6フッ化磷酸リチウム(LiPF<sub>6</sub>)を1モル/リッターで溶解したものを電解質として使用し、図6に示す二次電池を組み立てた。

【0065】ここで図6において、1は正極、2はステンレススチール製の正極集電体で、正極1と集電体2とは一体化されており、集電体2は正極間3の内面にスポット溶接されている。4は金属リチウムでできた負極、さらに7はポリプロピレン不織布よりなるセパレータであり、これに前記電解液が含浸されている。なお、8は絶縁パッキングである。また電池寸法は直径20.0mm、深さ16mmである。

【0066】以上の如く作製した電池を用いて、それぞれ充放電電流1mA/cm<sup>2</sup>において充電終止電圧4.2V、放電終止電圧3.0Vで充放電を繰り返し50サイクルまでの充放電特性を確認した。

【0067】なお、結果は初期放電容量だけで示すが、

これは、初回サイクルにおける活物質の単位重量換算放電容量(mAh/g)で表した。放電容量150mAh/g以上を合格とした。

#### 【0068】熱安定性試験

前記構成の電池を用いて、 $1 \text{ mAh/cm}^2$  の電流密度で 4.2V までの定電流充電を行い、引き続き 4.2V 定電圧で合計 15 時間の充電を行う定電流 + 定電圧方式による充電を行い、正極活物質からリチウムを引き抜いた。リチウムの引き抜き量は活物質の分子量から計算される理論容量 [(1g活物質・分子量) × (96500 クーロン 3600) × 1000 mAh/g] に対する充電容量の比率もしくは、充電後の活物質のリチウム分析モル数から求めた。

【0069】定電流 + 定電圧充電後の電池を露点約 50°C に湿度調整したグローブボックス中で解体して正極シートを取り出し、100 mL のアセトン溶媒中で 3 回洗浄して付着电解液を除去後、滤紙上に静置して乾燥した。乾燥後、集電体を構成するステンレススチールのメッシュから正極を剥がし、熱分析測定用の白金製容器（容積 0.05 mL、寸法  $5 \phi \times 2.5 \text{ mm}$ ）に正極活物質換算で 40mg 充填する。熱分析測定は理学製 TAS200 作動形示差熱天秤を用い、昇温速度 5 °C / 分で室温から 600 °C までの測定を実施した。なお、測定に際しては示差熱分析 (DTA:Differential Thermal Analysis) と同時に熱重量分析 (TG:Thermogravimetry) も行った。

#### 【0070】熱安定性データの処理

残りリチウム量 0.20 ~ 0.30 までリチウムを引き抜いた正極活物質の DTA データの 175 °C から 300 °C の間で出現する発熱ピーク面積を同量脱リチウムした標準試料 LiNiO<sub>2</sub> の発熱ピーク面積と比較した。このときの面積は例えば図 7(a)、(b) に示すように標準試料と同率で拡大コピーした図の発熱前後ベースラインより上（発熱側）の部分を切り取り、小数点以下 4 衔までの重量を測定する上積分方式により求め、標準試料の発熱データと比較した。

【0071】なお、図 7(a) は標準試料 Li<sub>x</sub>NiO<sub>2</sub> における残りリチウム量  $x = 0.05$  の TG・DTA データであり、発熱直後の酸素放出吸熱を伴う NiO への分解（重量減少）を示している。図 7(b) は同材料の残りリチウム量  $x = 0.25$  における TG・DTA データの例である。

#### 【0072】熱安定性標準試料の調製

市販の和光純薬工業（株）製の化学用純度 96.4% の水酸化ニッケル試薬 Ni(OH)<sub>2</sub> (Ni 61.0%) 48.09 g と Li/Ni 比率 = 1.01 換算の試薬特級水酸化リチウム脱水晶 (120°C で 16 時間脱水後、密閉保管) 12.09 g を乳鉢で 10 分間混合後、ベッセル粉碎容器 (SUS304 製、内径 140 φ mm 深さ 49 mm、空間容積 340 mL) に入れて 3 分間振動ベッセル混合

粉碎した。粉碎後、速やかに乳鉢に全量移して 1 分混合解砕後、混合物 7.0 g を 1 ベレット分として、20 φ mm の SUS 製金型に入れて 1 トン  $\text{cm}^{-3}$  でベレットを 4 個試作した。

【0073】試作ベレット 4 個を SUS310S 製ポートの中央に設置して、管状電気炉 ( $60 \phi \times 600 \text{ mm}$ ) を用い酸素ガス（線速  $\geq 1 \text{ cm/s}$ ）を流通させながら焼成した。初め、150 °C で 6 時間酸素バージした後、600 °C まで速度 150 °C 時で昇温、さらに 750 °C まで 50 °C 時で昇温、750 °C で 24 時間保持した後、室温まで 200 °C 時で降温し、乾燥デシケータ中に試料を保管した。

【0074】焼成試料の粉碎分級は乳鉢と篩網 (250 メッシュ、 $74 \mu \text{m}$  以下全量通過) を行い、アルゴンガスを満たしたグローブボックス中で行い、試料は全て湿気を遮断したポリ容器に入れデシケータ中に保管した。得られた標準試料 Li<sub>x</sub>NiO<sub>2</sub> の脱リチウム後の熱安定性測定は、前記の手法（熱安定性試験法）により実施した。

【0075】[実施例 2] 実施例 1 と同様に Ni-Mn-Co のモル比が 0.65-0.20-0.15 となるように硫酸ニッケル 2

20 8.5kg、硫酸マンガン 5.3kg、硫酸コバルト 7.0kg を純水に溶解して 100L リッターとした。これに、濃アンモニア水 12.5L リッターを入れ、温度を制御しつつ攪拌した。次に、pH  $\geq 8.0 \sim 10.0$  となるように所定濃度の水酸化リチウム水溶液と重炭酸アンモニウム混合溶液を少しづつ添加し、約 8 時間反応させた。得られた固体物を濾過・水洗した後一昼夜乾燥して 14.9kg の複合水酸化物（複塩を含む）を得た。

【0076】前記で得られた複合水酸化物 10.4kg と水酸化ナトリウム 2.85 kg を粉碎混合し、さらに成型して、酸素ガスを流通させた電気炉で 800 °C で 24 時間焼成した。焼成物を室温まで冷却した後、粉碎分級して所定粒度以下の製品（リチウム二次電池用正極活物質）約 10kg を得た。なお、粉碎分級は乾燥雰囲気中で実施した。

【0077】得られたリチウム複合酸化物の電池特性および熱安定性を前述の手法により測定し、得られた結果を同じく表 1 に示す。

【0078】[実施例 3] 実施例 1 および実施例 2 にしたがって Li<sub>0.65</sub>Mn<sub>0.20</sub>Co<sub>0.15</sub>O<sub>2</sub> (M: 微量添加元素) の組成をもった各種正極材を作成し、同様の特性試験を行った。結果は、表 2 ないし表 4 にまとめて示す。

【0079】なお、表中に「分類」の項目において「炭法」とあるのは、実施例 1 に準じて複合炭酸塩を製造した場合を、また「水法」とあるのは、実施例 2 に準じて複合水酸化物を製造した場合をそれぞれ示す。

#### 【0080】

【表 1】

	分類	組成モル比		Ni	Mn	Co	M	M種	特性値 容量 mAh/g	判定	発熱量比			備考
		L1	L1								x量	%	判定	
		L-a	a	b	c	d								
実施例1	炭法	1.05	-0.05	0.65	0.20	0.15	0.00	なし	168	○	0.25	5	○	本発明例
実施例2	水法	1.05	-0.05	0.65	0.20	0.15	0.00	なし	100	○	0.25	6	○	本発明例

(注) ① 組成式:  $Li_{1-x}Ni_{1-x} \dots Mn_x Co_x M_2 O_2$   
 ② 炭法: 炭酸塩法、水法: 水酸化物法

## 【0081】

\*10\* 【表2】

No	分類	組成モル比		Ni	Mn	Co	M	M種	特性値 容量 mAh/g	判定	発熱量比			備考
		L1	L1								x量	%	判定	
		L-a	a	b	c	d								
1	炭法	0.850	0.15	0.78	0.04	0.17	0	なし	120	△	0.25	45	△	比較例
2	水法	0.875	0.13	0.78	0.04	0.17	0	なし	133	△	0.25	37	△	比較例
3	炭法	0.900	0.10	0.78	0.04	0.17	0	なし	150	○	0.25	30	○	実施例
4	水法	0.925	0.08	0.78	0.04	0.17	0	なし	164	○	0.25	28	○	本発明例
5	炭法	0.935	0.06	0.78	0.04	0.17	0	なし	170	○	0.25	26	○	本発明例
6	炭法	0.950	0.05	0.78	0.04	0.17	0	なし	178	○	0.25	23	○	本発明例
7	水法	0.975	0.03	0.78	0.04	0.17	0	なし	180	○	0.25	23	○	本発明例
8	模法	1.000	0.00	0.78	0.04	0.17	0	なし	180	○	0.25	23	○	本発明例
9	炭法	1.025	-0.02	0.78	0.04	0.17	0	なし	170	○	0.25	23	○	本発明例
10	炭法	1.050	-0.05	0.78	0.04	0.17	0	なし	175	○	0.25	23	○	本発明例
11	水法	1.075	-0.08	0.78	0.04	0.17	0	なし	171	○	0.25	23	○	本発明例
12	炭法	1.100	-0.10	0.78	0.04	0.17	0	なし	165	○	0.25	25	○	本発明例
13	炭法	1.125	-0.10	0.78	0.04	0.17	0	なし	157	○	0.25	27	○	本発明例
14	水法	1.150	-0.15	0.78	0.04	0.17	0	なし	150	○	0.25	30	○	本発明例
15	水法	1.175	-0.18	0.78	0.04	0.17	0	なし	140	△	0.25	30	△	比較例
16	炭法	1.200	-0.20	0.78	0.04	0.17	0	なし	131	△	0.25	43	△	比較例
17	炭法	1.05	-0.05	0.80	0.00	0.20	0.00	なし	180	○	0.25	80	△	比較例
18	炭法	1.05	-0.05	0.79	0.0003	0.20	0.00	なし	179	○	0.25	53	△	比較例
19	水法	1.05	-0.05	0.79	0.0125	0.20	0.00	なし	178	○	0.25	34	△	比較例
20	炭法	1.05	-0.05	0.78	0.0250	0.20	0.00	なし	177	○	0.25	24	○	本発明例
21	炭法	1.05	-0.05	0.75	0.0500	0.20	0.00	なし	170	○	0.25	18	○	本発明例
22	水法	1.05	-0.05	0.73	0.0750	0.20	0.00	なし	174	○	0.25	15	○	本発明例
23	炭法	1.05	-0.05	0.70	0.1000	0.20	0.00	なし	173	○	0.25	11	○	本発明例
24	炭法	1.05	-0.05	0.65	0.1500	0.20	0.00	なし	170	○	0.25	8	○	本発明例
25	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.2000	0.20	0.00	なし	167	○	0.25	5	○	本発明例

(注) ① 組成式:  $Li_{1-x}Ni_{1-x} \dots Mn_x Co_x M_2 O_2$   
 ② 炭法: 炭酸塩法、水法: 水酸化物法

## 【0082】

【表3】

No	分類	組成モル比		Ni	Mn	Co	M	M種	特性値 容量 mAh/g	判定	発熱量比			備考
		Li	Li								x	y	z	
		1-a	a	1-b-c-d	b	c	d							
26	水法	1.05	-0.05	0.50	0.3000	0.20	0.00	なし	161	○	0.25	2	○	本発明例
27	炭法	1.05	-0.05	0.40	0.4000	0.20	0.00	なし	155	○	0.25	1	○	本発明例
28	炭法	1.05	-0.05	0.35	0.4500	0.20	0.00	なし	150	○	0.25	0	○	本発明例
29	水法	1.05	-0.05	0.33	0.4750	0.20	0.00	なし	120	△	0.25	0	○	比較例
30	炭法	1.05	-0.05	0.30	0.5000	0.20	0.00	なし	60	×	0.25	0	○	比較例
31	炭法	1.05	-0.05	0.20	0.6000	0.20	0.00	なし	30	×	0.25	0	○	比較例
32	炭法	1.05	-0.05	0.70	0.30	0.00	0.00	なし	169	○	0.25	5	○	本発明例
33	炭法	1.05	-0.05	0.08	0.30	0.03	0.00	なし	168	○	0.25	5	○	本発明例
35	水法	1.05	-0.05	0.65	0.30	0.05	0.00	なし	166	○	0.25	5	○	本発明例
36	炭法	1.05	-0.05	0.63	0.30	0.08	0.00	なし	165	○	0.25	5	○	本発明例
37	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.30	0.10	0.00	なし	163	○	0.25	5	○	本発明例
38	水法	1.05	-0.05	0.55	0.30	0.15	0.00	なし	159	○	0.25	5	○	本発明例
39	炭法	1.05	-0.05	0.50	0.30	0.20	0.00	なし	158	○	0.25	5	○	本発明例
40	炭法	1.05	-0.05	0.45	0.30	0.25	0.00	なし	153	○	0.25	5	○	本発明例
41	水法	1.05	-0.05	0.40	0.30	0.30	0.00	なし	150	○	0.25	5	○	本発明例
42	炭法	1.05	-0.05	0.37	0.30	0.33	0.00	なし	149	△	0.25	5	○	比較例
43	炭法	1.05	-0.05	0.35	0.30	0.35	0.00	なし	148	△	0.25	5	○	比較例
44	炭法	1.05	-0.05	0.30	0.30	0.40	0.00	なし	147	△	0.25	5	○	比較例
45	水法	1.05	-0.05	0.20	0.30	0.50	0.00	なし	144	△	0.25	5	○	比較例
46	炭法	1.05	-0.05	0.10	0.30	0.60	0.00	なし	142	△	0.25	5	○	比較例

(注) ① 組成式 : Li<sub>x</sub>Ni<sub>y</sub>Mn<sub>z</sub>Co<sub>w</sub>M<sub>d</sub>D<sub>e</sub>  
 ② 炭法: 炭酸塩法、水法: 水酸化物法

## 【0083】

水素【表4】

No	分類	組成モル比		Ni	Mn	Co	M	M種	特性値 容量 mAh/g	判定	発熱量比			備考
		Li	Li								x	y	z	
		1-a	a	1-b-c-d	b	c	d							
47	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Al	171	○	0.25	0	○	本発明例
48	炭法	1.05	-0.05	0.53	0.20	0.15	0.12	Al	168	○	0.25	7	○	本発明例
49	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.19	Al	160	○	0.25	2	○	本発明例
50	炭法	1.05	-0.05	0.40	0.20	0.15	0.25	Al	146	△	0.25	1	○	比較例
51	炭法	1.05	-0.05	0.65	0.20	0.15	0.05	Al	161	○	0.25	3	○	本発明例
52	水法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Sn	163	○	0.25	8	○	本発明例
53	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.18	Sn	152	○	0.25	5	○	本発明例
54	水法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Si	165	○	0.25	7	○	本発明例
55	水法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.18	Si	151	○	0.25	5	○	本発明例
56	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Zn	161	○	0.25	12	○	本発明例
57	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.19	Zn	152	○	0.25	8	○	本発明例
58	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Cr	150	○	0.25	9	○	本発明例
59	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.19	Cr	151	○	0.25	6	○	本発明例
60	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Fe	162	○	0.25	10	○	本発明例
61	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.19	Fe	153	○	0.25	7	○	本発明例
62	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Mg	161	○	0.25	9	○	本発明例
63	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.18	Mg	150	○	0.25	5	○	本発明例
64	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Sr	159	○	0.25	8	○	本発明例
65	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.19	Sr	152	○	0.25	6	○	本発明例
66	炭法	1.05	-0.05	0.60	0.20	0.15	0.05	Na	160	○	0.25	7	○	本発明例
67	炭法	1.05	-0.05	0.46	0.20	0.15	0.19	Na	153	○	0.25	5	○	本発明例

(注) ① 組成式 : Li<sub>x</sub>Ni<sub>y</sub>Mn<sub>z</sub>Co<sub>w</sub>M<sub>d</sub>D<sub>e</sub>  
 ② 炭法: 炭酸塩法、水法: 水酸化物法

## 【0084】

【発明の効果】かくして本発明によれば、高容量・長寿命・低価格でしかも脱リチウム時の熱安定性に極めて優れたりリチウム二次電池用正極活性物質が得られ、小型電池用ばかりでなく、電気自動車用の大型電池用にも用いることができ、リチウムイオン二次電池の用途拡大という点からも、その実用上の意義は大きい。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】残リチウム量xと発熱・吸熱量の関係を示すグラフである。

ラフである。

【図2】組成式リチウム量と放電容量の関係を示すグラフである。

【図3】Mn組成モル比と放電容量、発熱量比の関係を示すグラフである。

【図4】Co組成モル比と放電容量、発熱量比の関係を示すグラフである。

【図5】M=Al組成モル比と放電容量、発熱量比の関係を示すグラフである。

17

【図6】本発明を適用したコイン型リチウム二次電池の構成を示す断面図である。

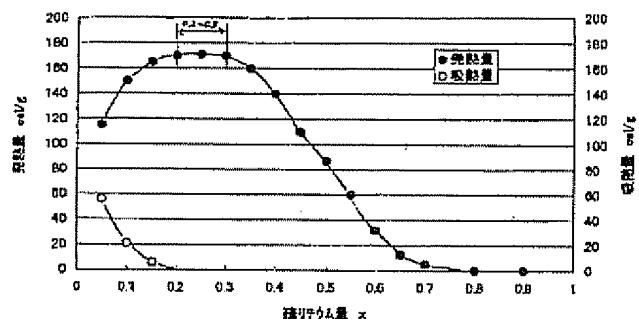
【図7】熱安定性測定におけるTG・DTAデータの例を示すグラフであり、図7(a)は、標準試料 $\text{Li}_{x}\text{NiO}_2$ における残リチウム量 $x = 0.05$ のTG・DTAデータであり、図7(b)

18

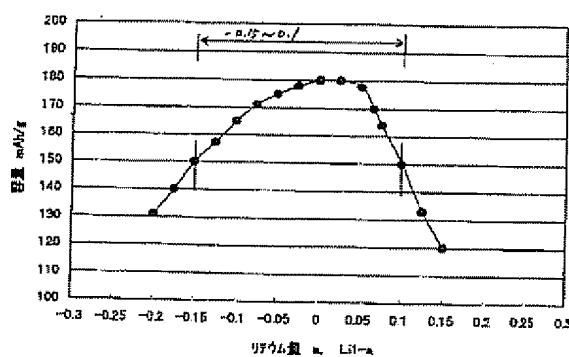
\* (b) は、同材料の残リチウム量 $x = 0.25$ におけるTG・DTAデータの例である。

【図8】DTAによる充電(脱リチウム)後の $\text{LiNiO}_2$ 、 $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiMnO}_2$ の公知測定例を示すグラフである。

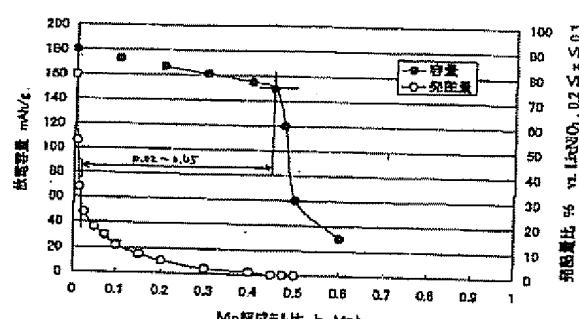
【図1】



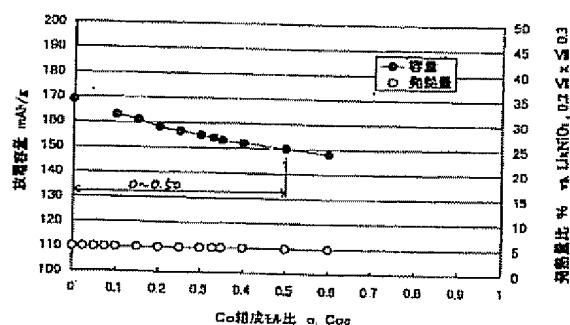
【図2】



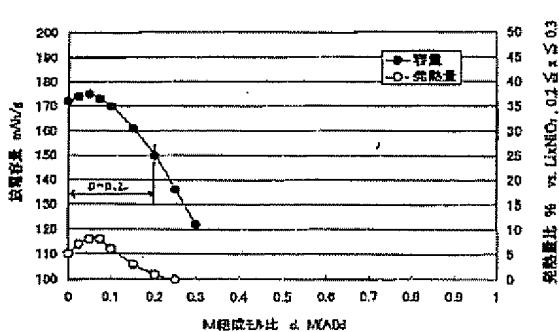
【図3】



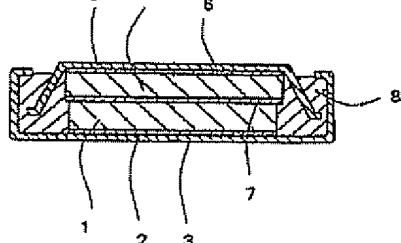
【図4】



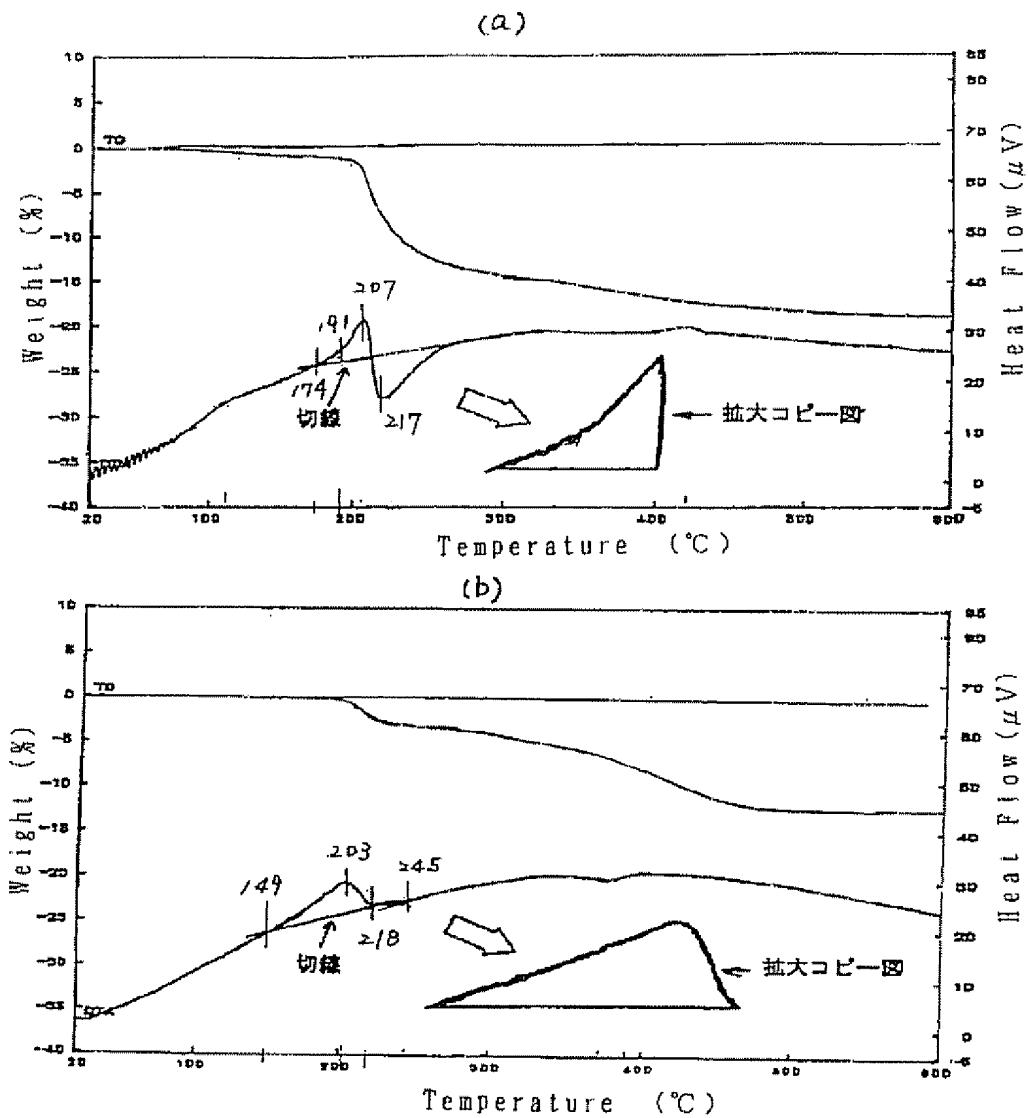
【図5】



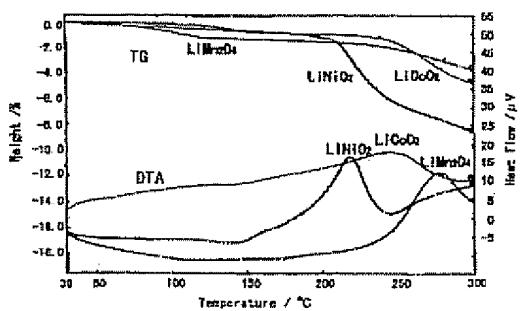
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 山戸 公史  
新潟県中頸城郡妙高高原町田口272番地  
中央電気工業株式会社内

(72)発明者 太田 聰  
新潟県中頸城郡妙高高原町田口272番地  
中央電気工業株式会社内